

كتاب

العروس البديعة

١٩١٠ في

علم الطبيعة



اسعد الشكودي معلم العلوم التعليمية

في المدرسة الكلية السورية

الانجيلية في

بيروت

طُبع في بيروت سنة ١٨٧٣

فهرس

الباب الاول في الفلسفة والمادة

- المقدمة في تحديد العلم والفلسفة ١
الفصل الاول في الحدود والخصائص العمومية للمادة ٢
الثاني في الثقل النوعي ٢٥
الثالث في مركز الثقل ٢٦

الباب الثاني في الحركة

- الفصل الاول في الحركة والزخم والقوة ٤٨
الفصل الثاني في حركة الاجسام الساقطة الى الارض ٥٢
الثالث في تركيب الحركة وحلها ٦٤
الرابع في مصادمة الاجسام ٧٧
الخامس في قوة التبعاد عن المركز ٩٠
السادس في الرقاص ٩٩

الباب الثالث في الميكانيكيات

- الفصل الاول في الخلل والقيان والميزان ١٢٢
الثاني في الدولاب والجزع ١٤٠
الثالث في البكرة ١٤٤
الرابع في السطح المائل ١٤٨
الخامس في البرغي ١٥٢
السادس في السفين ١٥٦

خاتمة كلام عموم في الميكانيكيات

الباب الرابع في السائلات

الفصل الاول في الماء الراكد

. الثاني في الماء الجاري

الباب الخامس في الهوائيات

المقدمة في ماهية الجلد وخصائصه

الفصل الاول في البارومتر

. الثاني في الجلد ومتعلقاته

. الثالث في الرياح ورطوبة الجلد

. الرابع في ضغط الهواء

. الخامس في تفريغ الهواء والالة المفرغة

. السادس في الالات الهوائية

الباب السادس في السمعيات

المقدمة في تحديد السمعيات وفي الصوت وتولده

الفصل الاول في انتقال الاصوات

. الثاني في انعكاس الاصوات

. الثالث في الالات الموسيقية ومادياها الفلسفية

. الرابع في السلم الموسيقي

. الخامس في عقد الاهتزاز

الباب السابع في الكهربائية

المقدمة في تاريخ معرفة الكهربائية

الفصل الاول في اصطلاحات كهربائية وبعض انواع

الالكترومتر

٢٩٣

٢٩٧

الفصل الثاني في خصائص الكهرباء

٢٠٦

. الثالث في الالة الكهربائية وظواهر الكهربائية بها

٢١٢

. الرابع في المحل الكهربائي

٢١٦

. الخامس في التقنية اللدنية وخصائصها

٢٢٣

. السادس في البطارية اللدنية

٢٢٥

. السابع في بعض تجربات كهربائية

٢٢٨

. الثامن في الكهربائية الكلفانية او الملتائية

٢٣٣

. التاسع في البطارية الكلفانية

٢٣٦

. العاشر في ملاحظات البطارية الملتائية

٢٣٨

. الحادي عشر في الكهربائيتين السالبة والموجبة وقطبيتها

. الثاني عشر في الفرق بين كهربائية الفرك والكهربائية

٢٤٠

الكلفانية

الفصل الثالث عشر في قوات الايصال للموصلات والمفاعيل

٢٤١

الكماوية للجري الملتائي

٢٤٢

الفصل الرابع عشر في النور الكهربائي والهزة الكهربائية

. الخامس عشر في مفاعيل الكهربائية الكماوية والميكانيكية

٢٤٨

وسرعتها

الفصل السادس عشر في اطلاق لفظ السيمال على الكهرباء

٢٥٥

والبحث عن مذهبي دوفاي وفرانكلين

٢٦١

الفصل السابع عشر في كهربائية الجلد والوقاية منها

وجه

٢٦٧

الفصل الثامن عشر في الكهرباء الحيوانية

٢٧٠

التاسع عشر في كهربائية الحرارة

الباب الثامن في المغناطيسية

٢٧٢

المقدمة في تعريف المغناطيسية وتاريخها

٢٧٣

الفصل الاول في المغناطيسية مطلقاً

٢٨٤

. الثاني في المغناطيسية بالنظر الى الارض

٢٩١

. الثالث في التمنط الصناعي ووقاية المغناطيس

الباب التاسع في الكهرباء المغناطيسية

المقدمة في تحديد الكهرباء المغناطيسية وتأثير المجرى الكهربائي

٢٩٧

في الالة المغناطيسية

٢٩٩

الفصل الاول في الكلفانومتر

٤٠١

. الثاني في حركة مغناطيس حول شريط موصل

٤٠٣

. الثالث في فعل المغناطيس على حلقة موصلة

٤٠٥

الرابع في التمنط بمجرى كهربائي

٤٠٧

. الخامس في تفاعل مجاري كهربائية

٤٠٩

. السادس في ظهور مجاري الكهرباء بفعل المغناطيس

٤١١

. السابع في التلغراف

. الثامن في اتمام الحركة الميكانيكية بواسطة المغناطيس

٤١٦

الكهربائي

الباب العاشر في النور

٤١٩

المقدمة في النور وبعض موضوعات تتعلق به

وجه

٤٢٨

الفصل الاول في انعكاس النور

٤٥٤

. الثاني في انكسار النور

٤٨١

. الثالث في البصر والتوالي في العين

٤٨٩

. الرابع في انحلال النور وما يتعلق به

٥٠٣

. الخامس في قوس السحاب والهالة

٥١٢

. السادس في الآلات البصرية

. السابع في تشرف النور والسطوح المخططة والصفائح

٥٢٩

الرقبة

٥٣٤

. الفصل الثامن في الانكسار المزدوج والاستقطاب

٥٤٢

. التاسع في قولي السور

الباب الحادي عشر في الحرارة

٥٤٩

الفصل الاول في الامتداد والثرمو متر

٥٥٨

. الثاني ايصال الحرارة وفي الحرارة الوعية

. الثالث في الحرارة الخفية والسائلة والتجميد والبخارية

٥٧٣

والغليان والتبلور ومصادر الحرارة

٥٨٧

الفصل الرابع في الآلة البخارية

فاتحة

الحمد لله الذي بقدرته خلق ارواح العباد وجميع اصناف
المواد . وجعل بحكمته البديعة لكل صنف منها طبيعة . والذي
بمجودته انار جنان الانسان ليدرك بالعلم بعض الحكمة في اعمال
المنان . اما بعدُ فيقول العبد الفقير الى عفوره القدير اسعد
الشهودي انه لما كانت الفلسفة الطبيعية من اجل العلوم نفعا اذ
بها ترى حكمة الخالق الحكيم بحسن نظام خلقه واثقان نوااميسه
الطبيعية وكال غايات النظام وبها ترقى الصنائع وتزداد مخترعاتها
المفيدة وكانت الكتب المؤلفة في هذا الفن في العربية قليلة جدا
وكان المقصود من انشاء المدرسة الكلية السورية الانجيلية
التي اُنشئت في بيروت منذ نحو ست سنوات نشر جميع العلوم
النافعة كلّفني جناب الدكتور بلس رئيس المدرسة للمذكرة اذ
كنت اعلم فيها ان أُؤلف فيه كتابا موافقا لتعليم تلامذتها .

فالت هذا الكتاب مستعيناً بجوله تعالى على حل عقده وفك
مشكلاته العديدة اذ لا يخفى انه علم دقيق وقرارة عميق. وقد بذلت
الجهد في التأمل في موضوعاته ومعاني عباراته وطالعت مولفات
مختلفة فيه باللغة الانكليزية مشهوداً لمؤلفيها بالفضل والذكاء.
وقد عزمت منذ بدء تأليفه على ان اوضح كل ما اقرره من الاحكام
والقواعد بتعليق عقلي او برهان هندسي لعلمي ان الانسان اذا
عرف شيئاً يميل طبعاً الى معرفة اسبابه فقد قيل ان من عرف
الحقائق فهو حكيم ومن عرف اسبابها فهو احكم ما لم يكن من الامور
التي ليس في طاقة العقل البشري ادراك علته كبعض القوانين
الكهربائية او مما لا يناسب ذكر برهانه لطول البرهان وصعوبته
على تلاميذ يصرفون اربع سنوات فقط لاكتساب اكثر انواع
العلوم مع عدم اهميته وذلك فلما يرى في الكتاب. وقد اجتهدت
ايضاً ان اجعل عبارته واضحة قريبة التناول موافقة أسلوب
العربية وذوق اهلها عجنباً فيه التعقيد والتطويل الممل والتقصير
المخل فلذلك لم التزم الترجمة حرفياً عن الانكليزية بل
كنت اوضح بعض الامور التي لم اعثر عليها في كتب القوم التي
حوتها واخضرت او اطيل الكلام فيها بحسب مقتضى الحال. فجاء
بجوله تعالى كتاباً مفيداً حاوياً ما كان منها من علم الطبيعة العميق

القرار. وقد قسمته الى احد عشر باباً وكل باب الى فصول
وسميتها بالعروس البديعة في علم الطبيعة. فارجو مطالعته العلماء
اذا لحظوا شيئاً من السهو ان ينظروا اليه بعين المعذرة اذ كان
الكمال لله وحده وان ينبهوني من فضلم علي ما يروثه من ذلك
حتى اذا اقنعوني به يصلح فيما ياتي وانا اسال الله تعالى ان يجعله
وسيلة لانارة مطالعته وارشادهم الى وفور اعتبار عزته وتعظيم
شانه تبارك وتعالى بما يطلعون عليه فيه من عجب القدرة وحكمة
العناية الصمدانية في وضع النواميس الطبيعية الثابتة لغايات
ضرورية مفيدة وسبيلاً لتحسين الصنائع والاجتهاد في زيادة
مخترعاتها اللذين هما علة نموصالح ورفاهة كل بلاد والله حسي
ونعم المسئول

تنبيهان. الاول قد استعملت في هذا الكتاب متم الزاوية بمعنى الفرق بين
٩٠° وبينها وكالمها للفرق بين ١٨٠° وبينها بحسب ماها مستعملان في حساب
المثلثات المخط. وذلك يخالف اصطلاح الهندسة المطبوعة في بيروت لان
التم فيها بمعنى الكمال والكمال بمعنى المتم
الثاني ان هذه العلامة ∞ تقرأ بتغير كتغير وبعض الاحيان الى غير
نهاية. واما بقية العلامات كعلامة الجمع والمساواة وغيرها فهي كما في الحساب
والجبر

الباب الاول

في الفلسفة والمادة وفيه مقدمة وثلاثة فصول

المقدمة

في تحديد العلم والفلسفة

العلم مطلقاً هو حصول صورة الشيء في العقل والفلسفة هي معرفة النواميس التي تستولي على الكون وقيل هي معرفة الأشياء بعلمها. أما الناموس فهو الطريقة غير المتغيرة التي بها يحكم الله على الكون. ويتخذ أساساً لكل العلوم أن الأسباب المتشابهة مسبباتها متشابهة وهذه الحقيقة مبنية على اخبار عمومي. أما الكون فهو جميع المخلوقات سواء كانت مادة أم عقلاً. فعلم الفلسفة يقسم عموماً الى قسمين العلم العقلي والعلم المادي أما العقل فهو ما يفكر ويريد. فنعرف ضرورة أن فينا شيئاً غريزياً تصدر عنه حركات اجسادنا لغاية عن فكر عند الارادة وذلك ما نسميه بالروح او العقل. وأما العلم العقلي فهو بحث العقل عن نفسه كالفلسفة العقلية وعن اعماله كالفلسفة الادبية وعلم المنطق. أما المادة فهي ما يدرك

الباب الاول

بواسطة الحواس الخمس. وبعض المواد ما يُدرك بكل الحواس
وآخر ما يُدرك ببعضها ومن المواد ما يُدرك بواحدة من الحواس
فقط. فالهواء مثلاً لا يُشم ولا يُرى ولا يُذاق ولكنه يُلمس ويُسمع
صوته والسخن المحمول بالهواء البحري يُشم فقط لانه ذو دقائق
صغيرة جداً لا تُلمس ولا تُنظر منتشرة في الهواء. واما العلم
المادي فهو ما يُبحث فيه عن النواميس التي تستولي على الكون
المادي وهو الفلسفة الطبيعية. والمادة اما آليّة او منتظمة واما غير
آليّة. اما الآليّة فهي ما كان لكل جزء من اجزائها وظيفة خاصة به
للحياة والنمو لا يقوم جزء آخر مقامه كمادة الحيوان والنبات وخلاف
ذلك المادة غير الآلية او غير المنتظمة كالخمر والهواء

٢ فبحسب ذلك تُقسم الفلسفة الطبيعية الى قسمين
وهما علم المادة الآلية وهو فن الفسيولوجيا وعلم المادة غير الآلية
وهو الطبيعيات العمومية. والاول على قسمين فسيولوجيا حيوانية
وفسيولوجيا نباتية وهما من متعلقات علم الحيوان والنبات. ثم ان
المادة غير الآلية تقسم الى قسمين سموية وارضية. فعلم الطبيعيات
العمومية يقسم بحسب ذلك الى قسمين ما يبحث عن الاجرام
السموية منها الارض برمتها ويقال له علم الهيئة او علم الفلك وما
يبحث عن الاجسام الارضية ويقال له علم الطبيعيات الارضية

ثم ان الطبيعيات الارضية تقسم الى قسمين ايضا الاول ما يبحث عن خصائص المواد العمومية ويقال له الطبيعيات المحضة او الطبيعيات والثاني ما يبحث عن دقائق الاجسام من حيث حلها وتركيبها وعن طبائع العناصر المركبة منها تلك الدقائق ويقال له علم الكيمياء. اما الاول وهو علم الطبيعيات فهو موضوع البحث في هذا الكتاب

وعدا عن الانواع المذكورة التي تسمى علوما محضة انواع آخر من العلوم جارية على اثنين او اكثر منها. من ذلك علم الجيولوجيا وهو تاريخ الكتل المعدنية التي منها تركبت الارض وبقايا المواد الالية الموجودة في تلك الكتل. ففي البحث عن هذا العلم يحتاج الى معرفة الكيمياء والفسولوجيا وغيرها وهذه يقال لها علوم مهترجة

الفصل الاول

في الحدود والخصائص العمومية للمادة

٢ ان المادة وقد مر تعريفها تقسم الى قسمين جامدة وسائلة. اما الجامدة فهي التي تلتصق دقائقها بقوة تحفظ هيئتها على حالها ما لم تعثرها قوة اخرى فوق ثقلها. فاذا وضعنا قطعة حديد او

خشب على سطح لا تتغير هيئتها بواسطة ثقلها
 اما السائلة فهي ما تلتصق دقائقها التصاقاً ضعيفاً بقوة لا
 تمنع ثقل دقائقها عن تغيير هيئتها. فمقدار من الماء مثلاً مصبوب
 على سطح يفتش على وجه ذلك السطح بسبب ثقله . ويدخل في
 هذا الحد الماء والزيت والزبيق وغيرها والمادة الهوائية كالبخار
 والهواء وانواع الغازات كالهيدروجين وغيره

تنبيه . لا يدخل في هذا الحد ما يتحرك بسهولة بحركة
 السائل كالرمل وما اشبه لانه اذا اخذنا كل ذرة منه على حدة نجد
 خصائصها موافقة لخصائص الصخور والجاذبية الالتصاقية فيها تحفظ هيئتها
 بخلاف المادة السائلة

٤ اما المادة الهوائية فهي ما تلتصق دقائقها التصاقاً ضعيفاً
 جداً واذا انضغطت تميل الى الانتفاش حتى ان مقداراً قليلاً
 من الغازات ميل للاتساع الى ان يملأ فسحة واسعة ويحفظ في
 سعته بواسطة الكبس بثقل الهواء الاعلى كما يتضح ذلك فيما ياتي
 ويتبين ذلك من انه اذا اخذنا كيساً ضابطاً للهواء وسددناه بحنفية
 سداً محكمًا بحيث يبقى فيه قليل من الهواء ووضعناه في قابله واخرجنا
 الهواء من القابلة بالفرغة نرى الكيس ينتفخ كالزق المنفوخ من اتساع الهواء
 داخله وقد تكون احياناً مادة واحدة على كل من هذه الثلاث الحالات
 كالجليد والماء والبخار واما تغييرها فمحدث عن اختلاف درجة الحرارة
 كما سياتي

٥ لكل مادة سواء كانت جامدة ام سائلة ام غازية خصائص لازمة لا تنفك عنها وهي الامتلاء وعدم التداخل والاستمرار والتجزؤ واللياسامية والكثافة والانتضاغ والتمدد والمرونة والنجاذية

٦ اما الامتداد فهو الطول والعرض والعمق . فلا تقدر ان تتصور مادة ما بدون تصور هذه الابعاد الثلاثة . فيلزم من ذلك ان كل جسم يشغل حيزاً من الفراغ وان له هيئة ما . ومعنى الحيز الفسحة التي يملأها الجسم

٧ اما عدم التداخل فهو عدم امكان اشغال جسمين معا حيزاً واحداً في وقت واحد

فبحسب المتعارف يقال ان جسماً قد اخترق اخر او تداخل فيه كما اذا اخترقت الابرة القاش والمسامر الخشب وهلم جرا . ولكن الصواب ان الابرة لم تنفذ في القاش بل قد اتخذت حيزاً من الخلاء بتبعيدها خيطانة عن بعضها ودخولها بينها وكذلك يقال في المسامر والخشب فلا تشغل الابرة والقاش حيزاً واحداً في وقت واحد ولا المسامر والخشب . فلا يمكن دققة من المادة ان تتداخل في اخرى بل انما يمكنها ان تدفعها من مكانها وتلاها . وهذه الخاصة صفة لازمة للمادة توضع بجملة طرق نذكر بعضها . فاذا اخذنا قابلة من زجاج مفتوحة من جهة واحدة ومسدودة من الجهة الاخرى وغطينا الطرف المفتوح من القابلة في الماء فالماء لا يصعد في القابلة لكونها ملاءة هواً وعدم صعود الماء في القابلة بيان جلياً من وضع قطعة قرطاس على وجه الماء ولكن اذا فتحنا الفوهة المسدودة من القابلة يصعد الماء فيها حالاً

الباب الاول

وعلى هذا المصلوب قد اصطنع ناقوس القواصين وهو ناقوس كبير من خشب او معدن له نوافذ مسدودة بنواجح لدخول الضوء ولأجل حفظ حياة من كان داخله يُدخَل اليه بواسطة طلباء هواء جديد وتخرج العتيق فيترل في الفعلة الى عمق البحر لأجل التفتيش على الاشياء الثمينة وإتمام بعض المصالح كالبناء وغيره

٨ واما الاستمرار فهو بقاء الجسم على حالته من السكون او الحركة في جهة واحدة على خط مستقيم بسرعة واحدة. فاذا كان جسم ساكناً فلا قوة له ان يحرك نفسه او اذا كان متحركاً فلا قوة له ان يغير معدل حركته او الجهة المتحرك فيها. اذا ان كان جسم ساكناً يستمر ساكناً الى الابد او متحركاً فانه يتحرك دائماً في خط مستقيم بسرعه الاولى حتى تفعل به قوة ما خارجة فتغير حال سكونه او حركته

ان سبب عدم دوام الاجسام متحركة في خطوط مستقيمة اذا حُركت هو انه تفعل بها دائماً قوات تغير حالة حركتها. فاذا رُمي حجر مثلاً على جهة افقية من اليد ففضلاً عن مقاومة الهواء له يميل دائماً الى اسفل بجاذبية الارض ويسير في خط منحن حتى يصل اخيراً الى الارض. واذا رُمي الى فوق يصير اخيراً الى السكون بمقاومة الهواء والجاذبية له وعند ذلك يرجع بالجاذبية. ولولا الجاذبية ومقاومة الهواء لاستمر سارياً على حركته الى الابد ولما عاد الى الارض مطلقاً. وقد توضيح عدة امور مألوفة بمبدأ الاستمرار. فاذا كانت عربة متحركة مثلاً ووقفت بغتة فالمواد غير المرتبطة فيها ترتقي الى قدام وذلك لانها تميل الى البقاء على الحركة التي كانت عليها. كذلك اذا كان رجل راكضاً وعثرت رجلاً يتجرجر فاستمرار الجزء الاعلى من جسده

في الحدود والخصائص العمومية للمادة

يميل به الى قدام فيقع الى الارض. ولنفس هذا السبب اذا وثب انسان من كارة متحركة يكون في خطر السقوط الى جهة مسير تلك الكارة. ثم ان استمرار الشاكوش هو الذي يجعله ان يغلب على مقاومة الخشب المسار الحارق فيه. وفي دهورة الجسور الفعل الاعظم لزيادة قوة الاستمرار بالجمادية حال كونها منهوية نزولاً

واذا وضعنا طابة من عاج على كرتونة ملساء موضوعة على راس خشبة يمكن ان تدفع الكرتونة من تحتها بضربة سريعة بدون تحريك الطابة لسبب استمرارها على حالة السكون. ومثل ذلك ترجيع الفران الراحة من تحت الرغيف بسرعة عند وضعه في الفرن فيستقر في مكانه وادخاله اياها تحته بسرعة لكي لا يزول عند اخراجه اياه. واذا حرك وعاء اسطواناني محتويًا زيبقًا او سائلًا اخر فالزيبق يستمر متحركًا بعد وقوف الوعاء

واذا اراد رجل ان يثب من مكان بقوة الى ابعد ما يمكن يركض من بعيد لكي يكتسب عند وصوله الى المكان قوة من الاستمرار فوق قوته

٩ اما التجزؤ فهو الخاصة التي بواسطتها يمكن ان ينقسم

الجسم الى اقسام وكل الاجسام تقبل انقسامًا على انقسام وفي احوال كثيرة الاجزاء التي تحصل هي على غاية الدقة حتى لا تكاد تدرك بالوهم الامثلة الاتية ترىنا الصغر الكلي لدقائق المادة. فان قمحة واحدة من القرمز تلون ونا يشعر به رطلاً من الماء وهذا الرطل من الماء يقسم الى مليون من لنقط واذا افترضنا ان كل نقطة تحتوي بالاقل عشر دقائق من القرمز فتكون القمحة من القرمز قد انقسمت الى عشرة ملايين من دقائق كل واحدة منها ظاهرة للعيان. ثم ان المكروكوب يظهر لنا في بعض انواع الخضرة حيوانات صغيرة جدًا بحيث عدة مئات منها يمكنها تسبح في النقطة من الماء التي تستقر على راس ابرة. وهذه الحيوانات

الحيوية في الحركة التي يتحرك بها أعضاءها وذلك في أعضائها
الحركة والاهم وما أشبه فلا يتم ان يكون الدقائق الحركة منها تلك
الأعضاء دقيقة جدًا

ان قحمة من المسك تنشر رائحتها الناتجة من انتشار دقائقها
في الهواء في اوضة مدة سنين مع كون نقصانها في الوزن قلما يشعر به .
فهذا يربط ان دقائق المسك المتصاعدة دائماً للشم هي ذات صغر
لا يشعر به

ان دمر الحيوانات مركب من ذرات دقيقة حمراء عائمة في سائل
كالصل . ونقطة واحدة من دمر الانسان ليست اعظم من طبعة دبوس
صغير تحتوي على الاقل خمسين الفاً منها . وفي حيوانات كثيرة هذه
الذرات اصغر من ذلك . ففي غزال المسك مثلاً نقطة واحدة من الدم
بمقدار طبعة الدبوس تحتوي على الاقل مليوناً منها

ايضاً يمكن ان يطلى شريط من الفضة مسحوب دقيقاً بمقدار من
الذهب حتي ان الذهب الكاسي قدماً من هذا الشريط يزن اقل من
 $\frac{1}{1000}$ من قحمة . وقيراط يحتوي على $\frac{1}{72000}$ من قحمة يمكن ان تنقسم الى مئة
قسم متساوية باثنتي واخماً للعيان وكل قسم يحتوي بالنتيجة على $\frac{1}{7200000}$ من
قحمة ذهب . ثم بالمكروسكوب المعظم خمس مئة مرة كل من هذه القطع
الدقيقة يمكن ان يقسم ايضاً الى خمس مئة قسم اصغر لكل منها نفس الحجم
الاول الظاهر للعيان والذهب على كل مع كون لامعته الاصلية ولونه
وخصائصه الكيميائية لم تتغير يدل على $\frac{1}{360000000}$ من الكمية الاصلية .

ولكن دقة هذه الدقائق الصغيرة جداً كما بينا تفوقها دقة الحيوانات
الصغيرة الموجودة في الكائنات الارضية . وقد بين ذلك العلامة
البروسباني هرنبرج . فقد اوضح ان انواعاً كثيرة من هذه الحيوانات
ملايين منها لا تساوي حبة رمل مقداراً والوف نسيج في ثقب الابرمة ومياه

الدنيا ملائمة منها وكذلك مقدار عظيم منها موجود في الهواء
ثم ان هياكل اجسام هذه الحيوانات قد يتألف منها مقدار عظيم من
صفائح صخرية سمكها عدة اقدام وتمتد الى مئات من الاميال . فاللوح الحجري
الاملس الموجود في بيلن من مدن بروسيا مثلاً يحتوي في قيراط مكعب منه
٤١٠٠٠ مليون منها . ثم اذا كان قيراط مكعب من هذا الحجر يتضمن
٢٢٠ قعقة فلا بد ان يكون في كل قعقة ١٨٧ مليون هيكل . وهذه
الحيوانات لها اعضاء الهضم والتوليد جهاز دوري كالحيوانات الكبيرة .
وهذه الاعضاء مركبة من عناصر لا تخص من الاوكسجين والايديروجين
وخلافها

ايضاً قعقة من النحاس الاحمر مذوبة في الحامض النيتريك مضاف
اليه قليل من ماء الامونيا تلون ٢٩٢ قيراطاً مكعباً من الماء . وكل
قيراط من الماء يمكن ان ينقسم الى مليون قسم وكل من هذه الاقسام واضح
للعيان . فاذا قعقة من النحاس قد تنقسم الى ٢٩٢ مليون قسم
ان مئة قيراط مكعب من الماء مذوب فيها قليل من ملح الطعام تعكر
ان وضعنا فيها $\frac{1}{1000000}$ من قيراط مكعب من الفضة المذوبة في
حامض النيتريك . فان كل دقيقة من الفضة تكون $\frac{1}{1000000}$ من
قيراط مكعب

ولكي نعين التليذ على ادراك كمية نقول انه
اذا عد في كل ثانية واحداً واشتغل بهاراً وليلاً يلزمه واحد وثلاثين الف
وستماية وثمانية وسبعين سنة لكي يكمل عد هذا العدد

١٠ اما المسامية فهي وجود الابعاد او الاخلية الكائنة بين
دقائق كل مادة . وهذه الخاصة لازمة للمواد كباقي الخواص
لانه ما كان الجسم صلباً وكثيفاً فلا بد ان تكون دقائقه مبتعدة

بعضها عن بعضها وان يكن ذلك البعد غير محسوس في بعض
الاجسام الصلبة . وتلك الاخلية بين الدقائق تسمى مسام . فالمسام
منها محسوسة وهي ما يمكن ان تجناز السائلات فيها ومنها غير محسوسة
وهي التي لا تدخلها سوى الكهرباء والحرارة والنور

تبين مسامية الخشب والجلد بهذا الامتحان وهي اذا اخذنا قنبلة من
زجاج ذات فوهة صغيرة من اعلاها ووضعناها على مفرغة الهواء ووضعنا
مقداراً من الزيت على رقعة من الجلد ضابطة على فوهة القنبلة واستخرجنا
الهواء من القنبلة بواسطة المفرغة فالزيت يخرج من الجلد . وكذلك اذا
سددنا الفوهة بقطعة خشب مجوفة قليلاً من اعلاها لوضع الزيت ووضعنا
قليلاً منه فيها واستخرجنا الهواء يخرج الزيت من الخشب

١١ وبواسطة المسام يحصل التنفيس الجلدي والعرق . وقد شوهد
بالنظارة المعظمة في خط طول قيراط على البشرة اكثر من الف من هذه
المسام فيكون في طول القدم اكثر من اثني عشر الفا وفي القدم المربع
نحو ١٤٤٠٠٠٠٠٠ ومن حيث ان مساحة الجسم البشري المتوسط هي ١٤
قدماً مربعاً تكون المسام الموجودة في الجسم نحو ٢٠١٦٠٠٠٠٠

١٢ كذلك اذا وضعنا بيضة في كاس ماء وعرض الكاس لفعل
مفرغة الهواء بوضعه ضمن قنبلة من زجاج على صحن المفرغة فعند تفريغ الهواء
يشاهد صعود فقائيع الهواء الخارجة من مسام القشرة نافذة في الماء وهذا
الهواء يكون قد دخل قبلاً الى البيضة من خارج ماراً بمسام قشرتها وهو
سبب اسراع فسادها . ودليلاً انه لو طليت بصمغ او مادة اخرى لزجة
لكي تسد مسامها وجف عليها الطلاء لمكثت على جودتها زماناً طويلاً
بل عدة سنين

١٣ قد بين بعض الطبيعيين من فلورنسا ان الذهب مسامي

في الحدود والخصائص العمومية للمادة

ايضاً بالطريقة الآتية وهي انه ملاً كرة من ذهب مجوفة ضابطة ^{بواسطة} تماماً ماء ثم ضغطها ضغطاً شديداً فشوهد الماء مترشحاً على سطحها بصورة ندى. وقد كرر هذا الامتحان بمعادن أخر فظهرت هذه النتيجة عينها

ايضاً بسبب اتساع مسامية الخشب انواع كثيرة منه تمتص الرطوبة من الهواء بواسطة الجاذبية الشعرية التي سنوضحها فتتنفس ثم تنشف وتتشفق فلداواة هذا المحذور تدهن الاخشاب بالزيت والمواد القلقونية لكي تمنع دخول الرطوبة اليها بواسطة سد مسامها

١٤ ثم بواسطة مسامية الخشب والجاذبية الشعرية قد اخترعت طريقة لتشقيق الصخور يستعملها القطاعون لهذه الغاية . وهي انه بعد حفر ثقب في الصخر بالخل او فلح بالذبرة يدق فيه الخشب لينزل نزولاً محكماً ويصب عليه ماء او يترك لينزل عليه ماء المطر ويبقى برهة فتدخل الرطوبة الى مسامه ويتنفش فيشق الصخر

١٥ وقد اثبت بعض الطبيعيين مسامية السوائل بهذا الامتحان . فلو أخذت زجاجة طويلة العنق ضيقته وملئها بالحامض الكبريتيك ثم ثلثها ماء ورُجّت صعدت فيها درجة الحرارة وبعد برودتها يشغل حجم السائلين المختلطين حيزاً اقل من الذي اشغلاه قبل الامتزاج كما يعرف من هبوط السائل في عنق القنبينة ولكن اقوي آلات الضغط لا تصغر حجم السوائل الا قليلاً جداً كما سيأتي

١٦ اما الكثافة فهي عكس المسامية وهي اقتراب دقائق الاجسام بعضها الى بعض . ومقدار الكثافة هو بالنسبة الى مقدار المادة في حيز مفروض فكما زادت كثافة جسم زاد ثقله فقطعة من الرصاص مثلاً ثقلها نحو سبع واربعين مرة ثقل قطعة فلين من

نفس حجمها ومقدار من الزيت ثقلة نحو أربع عشرة مرة ثقل مقدار
من الماء من نفس حجمه فتكون كثافة الزيت نحو أربع عشرة مرة
كثافة الماء وهم جراً

١٧ اما الانضغاط فهو كون دقائق الاجسام قابلة التقريب بعضها
الى بعضها بواسطة الكبس وغيره. فاذا ضغط جسم تقترب دقائقه
بعضها الى بعضها وبالنسبة تضيق الفسحات او الاخوية الكائنة بينها
فتضيق المسامية. وبهذه الخاصة تثبت المسامية لانه لولا وجودها
لما امكن ضغط جسم. فالاسفنج والصمغ الهندي والفلين ولب
السيبان هي من الاجسام المنضغطة ويمكن ان يصغر حجمها بما
يشعر به بواسطة كبس الاصابع. واما السوائل فهي قليلة الانضغاط
كما اشرنا. واما الغازات فهي اعظم الاجسام انضغاطاً وسياتي
بسط الكلام عن ذلك عند الشرح عن السوائل والغازات

١٨ اما التمدد فهو خاصية قبول اتخاذ الجسم حجماً اعظم
تحت ظروف معلومة فهو عكس الانضغاط فاذا تمدد جسم
اتسعت مساميته حال كونها تضيق بالانضغاط. والحرارة هي
اعظم واسطة لتمدد الاجسام فبواسطة تحول السوائل الى
غازات والجوامد الى سوائل. ولو كانت حرارة كافية لتحولت جميع
الجوامد والسوائل الى غازات. فاذا ازدادت حرارة جسم يمتد

وإذا نقصت ينضغط فيتنقص

وعلى هذه الخاصة تم أمور كثيرة مفيدة منها ما عمل في فرنسا وهي أنهم لما تجذب بناء عظيم ذو طبقات من أسفل فموضاً عن أن يدموه ثقبوه على الجانبين اثقاباً متقابلة وادخلوا في الاثقاب قضباناً من حديد تمر من جدار الى جدار ثم احموها وعند ذلك مكنوها بالجدران ثكنياً محكماً قوياً ثم تركوها لتبرد فتقلصت ورجعت الجدران الى استقامتها الاولى

١٩ كذلك تركيب طارة من حديد على عجلة ما يوضح هذه الخاصة فتصنع الطارة اصغر قليلاً من العجلة ولكن بواسطة الاحياء تمتدد حتى تدخل فيها وبعد ان تبرد تنقص وتضغط ايضاً وتجذب كل اجزاء العجلة معاً فتضبط بعضها على بعض

٢٠ واعلم ان الحرارة في جسم زيادتها بالنسبة الى تمدده وتنقصها بالنسبة الى ضغطه اي كلما تمدد قبل زيادة حرارة وكلما ضغط نكث من حرارته . وبذلك يعلل عن احاء الكس اذا مزج بالماء والحامض الكبيرتيك اذا مزج بالماء ايضاً وعن عدم صعود حرارة الماء فوق درجة الغليان مع وجوب ذلك لبقاء الحرارة على حالها تحت وعاء الماء . وتعليل هذا الامر الاخير هو ان الماء عند وصوله الى درجة الغليان ياخذ بالتحوّل الى بخار ولكون البخار اللطيف من الماء يمتص الحرارة التي تتزايد وهكذا الى ان يحف الماء ما لم ينحصر في وعاء ضابط فيختنثر تزيد درجة حرارته عن الغليان

٢١ اما المرونة فهي خاصة بها تعود الاجسام الى صورتها وحجمها الاصليين بعد ضغطها او تمددها . وجميع الاجسام مرنة وانما تتفاوت في درجة مرونتها فالصمغ الهدي والعاج

وعظام الحيتان من الاجسام الاعظم مرونةً وإما اللاقونة
والدغائر فمن الاقل مرونةً. واعظم الاجسام مرونةً اسرعها
عوداً الى حالتها الاولى

اذا ضغط الهواء فمرونة تميل ان ترده الى حجمه الاصلي. واذا لوي
زنبرك من فولاذ فمرونة تجذب الزنبرك الذي يجذب الدواليب في الساعة
فتحصل فيها الحركة. ثم اذا قُتل خيطٌ او حبل فمرونة تميل الى حله.
واذا مطَّ الصمغ الهندي فمرونة ترجعه الى طوله الاصلي. فنرى ان
المرونة تظهر باربعة طرق مختلفة وهي الضغط واللي والقتل والمط. وعلى كل
حال المرونة مسببة عن تغيير وضع الجواهر الاصلي لانه اذا ضغط الهواء
فبقوة التدافع بين جواهره يميل الى التمدد. واذا لوي زنبرك فالجواهر
في الجهة الخارجة تتمدد اذ تكون الداخلة قد انضغطت فيجذب الاولى
وتدافع الثانية يميل الجسم الى العود الى صورته الاصلية. ويعمل عن القتل
كما يعمل عن اللي. واما المط فهو عكس الضغط اي انه بالجذب الناتج
عن خاصية المرونة يميل الجسم الى الرجوع الى حالته اذا مطَّ. والاجسام
الاعظم مرونةً هي الغازات ثم الفولاذ اللين ثم عظام الحيتان ثم الصمغ الهندي
ثم العاج ثم الزجاج الخ

اما مرونة العاج فتتضع من انه اذا لويت قطعة رقيقة منه ثم تركت
لنفسها ترجع بالمرونة بسرعة عظيمة فتجناز مكانها الاصلي ثم ترجع
بسرعة وتجتازة اقل. وهكذا ترجع ارنجاعات كثيرة قبل ان تسكن. وكذلك
اذا اخذ كرة صغيرة منه واسقطت من اعالي مختلفة على صفيحة رخام صقلة
يفرش عليها زيت ليظهر عليها اثر مصادمة الكرة لها فانهما تنفجر تاركة اثار
دوائر على الصفيحة مساحة كل منها بالنسبة الى العلو الذي سقطت منه.
وهكذا اذا ضربت الكرة باليد من علو واحد بقوات مختلفة على الصفيحة.

فهذا الامتحان يري ان الكرة قد تسطحت بزخم صدمتها إذ سقطت على الصفيحة لانه كلما زاد الزخم بزيادة العلو الذي سقطت منه او بزيادة القوة من اليد اتسعت دائرة الاثر

ان المرونة في المواد نافعة لجملة امور منها تحريك الساعة وآلات آخر بواسطة مرونة زنبركات الفولاذ كما مر . ومنها امكان رمي السهام الى بعد شاسع بواسطة مرونة القوس والوتار او الخيطان والمرس . كذلك مرونة الوتار هي التي تجعلها صالحة للآلات الموسيقية . ومرونة الهواء تجعله موافقاً لاصطناع فرش ووسادات هوائية ومرونته ايضاً تجعله مناسباً لنقل الاصوات ٢٢ واعلم ان المرونة في الاجسام قد تكتسب زيادتها بواسطة الصناعة . فان النحاس اذا طُرِّق عليه وهو بارد يكتسب مرونة اكثر مما اذا كان حامياً . وكذلك اذا سقي الفولاذ بواسطة احماض وتبريده في سائل بسرعة وهو حامٍ تزيد مرونته جداً فيصير سهل النصف بخلاف ما اذا ترك ليبرد تدريجاً بدون واسطة فان مرونته حينئذ تنقص جداً . وكذلك تنقص المرونة بواسطة توالي ضرب صفيحة منه بقوة عظيمة على سطح مستو كسطح خشب او ماء بكل عرضها فان اهل السويس عند امتحان سيوف العساكر يجربونها بانهم يضربون نصالها مرات متوالية على الماء ثم يتاملون في مرونتها فيها وجدوه فقد المرونة اكثر مما ينبغي طرحه . وما يقلل المرونة بزيادة الحرارة . وما له مدخل في مرونة الاجسام اشكالها فان الطارة من مادة معدنية اكثر مرونة من القرص والكرة المخوفة اكثر مرونة من المصبغة . ثم ان الاجسام الكثيرة المرونة الرقيقة لا تعود دفعة الى اشكالها الاولى بسرعة بل بعد ارتجاجات كثيرة كما يري في شعبي ملقط اذا قُرَبنا الواحدة الى الاخرى وتركنا دفعة واحدة وهلم جراً

٢٣ اما الجاذبية فهي تلك القوة التي بها تقرب المواد

بعضها الى بعض . ومن مراقبات الاجسام الارضية والاجرام
السموية يظهر ان الخالق قد جعلها ناموساً عموماً لكل الكون
المادي . ولذا تسمى بالجاذبية العامة فاذا وضعت اجسام خفيفة
لكي تطفو على وجه الماء وقربت بعضها الى بعض ترى بعضها يجذب
البعض بقوة يشعربها . ومثل ذلك الفقايع التي تطفو على وجه
الماء وكذلك اذا قرب مركب الى اخر يخشى ان يتجاذبا فيتلاطا .
واذا علقت رصاصة على جانب جبل يرى واضحاً ميلها عن الخط
العمودي على سطح الارض الى جهة الجبل . ولا ثبات الجاذبية
العامة براهين وامثلة كثيرة غير هذه لا يسعنا تعدادها . اما
البحث عنها بالنظر الى الاجرام السموية فمن متعلقات علم الهيئة
٢٤ وهي بحسب اختلاف ظروفها تقسم الى خمسة اقسام
جاذبية الالتصاق والجاذبية الشعرية والجاذبية الكيماوية والجاذبية
المغناطيسية والكهربائية وجاذبية الثقل

اما جاذبية الالتصاق فهي تلك القوة التي بها تتحد جواهر
المواد بعضها مع بعض على بعد غير محسوس سواء كانت تلك
الجواهر من جنس واحد من المادة ام من اجناس مختلفة . وسواء
كانت تلك القوة شديدة كالتي في الجوامد ام مصيفة كالتي في
السوائل

فالقوة التي سببها تتحد جواهر كتلة من حديد او من خشب او من حجر معاً هي جاذبية الالتصاق ويقال ان الجواهر ملتصقة بعضها ببعض . وبجاذبية الالتصاق ايضاً يلصق الغبار المتطاير في الهواء بالحيطان والسفوف . وبها ايضاً اذا كتبنا على لوح من حجر او خشب بقلم من حجر او طباشير تلتصق المادة الخارجة من قلم الحجر او الطباشير بواسطة الاحتكاك باللوح تاركة اثر كتابة بحسب ما تحركها اليد . وبها ايضاً يتحد لوحان من خشب معاً بواسطة الغراء لوجود الجاذبية الالتصاقية بين جواهر الغراء والخشب ٢٥

واعلم انه من خواص الجاذبية الالتصاقية انها تجتمع الجواهر بعضها الى بعض بصورة كرة وذلك يتأتى في السوائل دون الجوامد لكون جواهر السوائل تتحرك بعضها على بعض بسهولة لضعف الجاذبية الالتصاقية فيها والاجزاء البعدى من مجموع مادة تجذب من القربى الى نحو مركز الثقل حتى تصير على بعد واحد منه منتظمة كرة . ولذلك تجتمع الندى ويتزل المطر بصور نقط مستديرة ويسقط الرصاص المذوّب كذلك خردقات مستديرة اذا صب من غربال يجعل وضعة على علو نحو مئتي قدم عن الارض ليكون فرصة لتجميع الجواهر في الهواء قبل تجردها بالبرودة كما يصنع الخردق . واما الجوامد فان جاذبية الالتصاق فيها قوية جداً حتى لا يمكن تحريكها وجمعها على صور مستديرة بل تاخذ الصورة التي اتفق انها وضعت عليها ٢٦

اما الجاذبية الشعرية فهي تلك القوة التي بها يمتص جسم جامد ذو مسام سائلاً يلامسه كالجاذبية الشعرية في الاسفنج والسكر والخشب والحجر وقوة الجاذبية الشعرية في كل تكون بحسب مسامية . وسميت بالشعرية لكونها ظهرت اولاً في انايب قضبان زجاج تشبه الشعر دقة وسياتي بسط الكلام على ذلك في

الساكنات

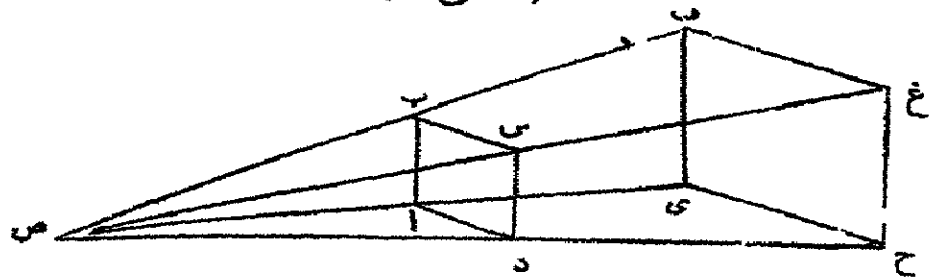
٢٧ اما الجاذبية الكيميائية فهي القوة التي بها تتحد جواهر عنصر مع جواهر عنصر آخر فينتج جسمًا ثالثًا مختلف الصفات عن الاولين كما اذا اتحد الحامض النيريك مع النحاس الاحمر فإنتاج من اتجادها ملح أزرق اللون يسمى نترات النحاس والبحث عن هذه الجاذبية من متعلقات الكيمياء

٢٨ اما الجاذبية المغناطيسية فهي القوة التي بها تقرب قطعة من حديد ممغنطة قطعة أخرى من حديد. والجاذبية الكهربائية هي القوة التي بها تقرب اجسام مكهربة اجسامًا أخرى وقد جعلناها قسمًا واحدًا لعظم مشابهتها وسياتي الكلام عن كل منها وعن تغلط الحديد وتكهرب الاجسام بالتفصيل عند البحث عن الكهرباء

٢٩ اما جاذبية الثقل فهي القوة التي بها تجذب الارض الاجسام الكائنة عليها الى نحو مركزها وذلك ليس لانه موجود في المركز قوة خصوصية ولكن لكون الارض كرة من شأنها ان تجذب الى نحو مركزها اذ لجميع اجزائها فاعلية الجاذبية. وبحسب العرف يعبر عن هذه الجاذبية بلفظ الثقل فقط

٢٠ يقاس ثقل جسم بفعله الميكانيكي مثل في زنبرك وترجح ميزان أو قبان ويعرف ذلك بالعيارات وبالدرجات . ويقاس ايضاً ثقل اجسام ذات كثافة واحدة وأشكال منتظمة باخذ مساحتها فاذا اخذنا وزن قيراط واحد مكعب من الرصاص ثم استعملنا مساحة صفيحة رصاص بضرب طولها في عرضها في عمقها من القيراط وضربنا تلك المساحة في وزن القيراط يحصل من ذلك ثقلها

٢١ ان جاذبية الثقل لجسم على ابعاد مختلفة من الارض فوق سطحها يتغير بالقلب كمربع البعد من مركزها وذلك لان الجاذبية في الارض تفعل الى نحو المركز وتوهمها تفعل على خطوط مستقيمة فان فرض من مركز الارض كما في (شكل ١)



وا ب س د جسداً تفعل عليه الجاذبية بخطوط مستقيمة فهو قاعدة الهرم ص ب س د ا . راجع ان الهرم امتد الى ف غ ح ي ونفرض ف غ ح ي جسماً موازياً ب د ومثله عمقاً بقوة الجاذبية التي جذبت الجسم ب د نفسها توزعت على دقائقه بالسوية وعلى دقائق ف ح كذلك ولان العمق واحد نقاس قوة الجاذبية على السطوح . فاذا تنقص كثافتها او قوتها عند النقطة ف عا عند ب كازداد ف ح على ب د اي ان قوة الجاذبية عند ب : قوة الجاذبية عند ف :: ف ح : ب د . ولكن ف ح : ب د :: ي ف : ا ب :: ص ف : ص ب لان الشكليين متشابهان ويقطعان

خطوطاً متناسبة فاذا قوة الجاذبية عند ب : قوة الجاذبية عند ف :
ص ف : ص ب

اي ان قوتي الجاذبية عند ب وف هما بالقلب كمرعي البعدين عن
المركز .

٢٢ فيبان من ذلك ان ثقل جسم يتغير على أبعاد مختلفة فوق
سطح الارض . فعلى مضاعف البعد من المركز او على علو نحو ٤٠٠٠ ميل
فوق الارض قوة الجاذبية هي ربع التي على سطحها وجسم مفروض هناك
يزن ربع ما يزن على الارض . والقمر اذ كان بعده من مركز الارض
٦٠ ضعف بعد المواد على سطحها من المركز فجاذبية الارض له اقل منها
للمواد على سطحها ٣٦٠٠ ضعف . ولكن الأبعاد المختلفة لاجسام على الارض
اختلفها لا يجعل فرقاً يُشعر به في الوزن . فعند علو نصف ميل النقصان
لا يبلغ الى اكثر من نحو $\frac{1}{4}$ من الثقل عند السطح . لانه ان فرض ر -
نصف قطر الارض - ٤٠٠٠ ميل تقريباً و ك علو الجسم و ث ثقله عند
سطح الارض و ث ثقله عند علو ك فلنا

$$\text{ث} : \text{ث} :: (ر + ك) : ر :: ر^2 : ر^2 + ٢رك + ك^2 : ر^2$$

$$\text{و ث} : \text{ث} - \text{ث} :: ر^2 : ر^2 + ٢رك + ك^2 : ر^2 + ٢رك + ك^2$$

اي ث - ث - ث - $\frac{٢رك + ك^2}{ر^2 + ٢رك + ك^2}$ ولكن اذ كان ك جزءاً صغيراً من ر

فيمكن اهاال ك من العبارة اذا

$$\text{ث} - \text{ث} - \frac{٢رك + ك^2}{ر^2 + ٢رك + ك^2}$$

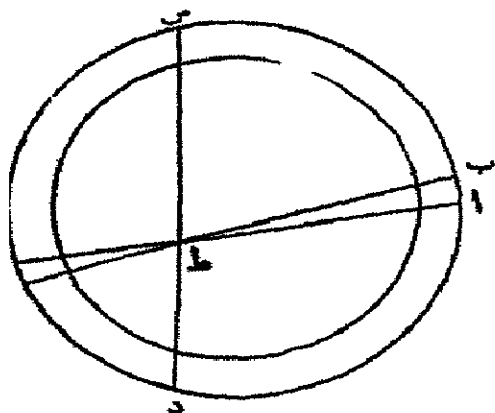
ليكن ك نصف ميل فاذا $\frac{١}{٤٠٠٠} = \frac{١ \times ١}{١ + ٤٠٠٠}$ من كل الثقل . او

ان الجسم يقل وزنه عند علو نصف ميل عما على سطح الارض بمقدار
 $\frac{١}{٤٠٠٠}$ منه

ما مرّ يتبع لنا ان نسبة الجاذبية الى البعد يدل عليها بهذه العبارة
اذا فرضنا ج الجاذبية و ب البعد وهي ج $\propto \frac{1}{ب}$. ولنفرض ق مقدار

المادة وانما تتغير في جسم ثانٍ وان جاذبية الجسم الثاني - غ غا -
 المادة تتغير كالجاذبية يقتضي ضربها في المادة فتكون ج ق - غ فاذا
 غ ∞ ق اي ان الجاذبية الى نحو الارض تتغير كجمر الجسم بالاستقامة
 وكربع البعد من الارض بالقلب او كالمادة على مربع البعد باعتبار
 جسمين

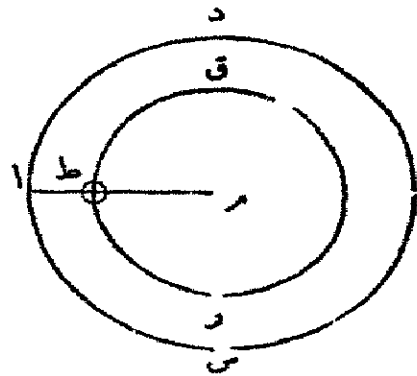
٢٢ كتلة موضوعة داخل كرة مجوفة ذات كثافة واحدة
 وعمق واحد تجذب بالسوية الى كل الجهات فتبقى ساكنة
 لكن الكتلة ط كما في (شكل ٢) في نقطة داخل الكرة المجوفة ا ب س د.
 ارسم ا ط ا و ب ط ب حتى يكون
 قوسا ا ب و ا ب صغيرين جداً
 وتوهم الرسم قطعاً يمر في مركز الكرة
 ومحور المخروطين اللذين يرسمان بدوران
 خطي ط ب و ط ب مخرجين فتكون
 ا ب ا ب حيث المحورين الاطولين
 من الاهليجيين الصغيرين اللذين هما
 قاعدتا المخروطين واللذين يجوز ان



توهمها سطحين مستويين لصغرهما على الكرة . فمن حيث ان الزاويتين
 المتقاطعتين عند ط هما متساويتان وزاوية ا ب ط = ب ا ط لكونهما
 في قطعة واحدة فالمثلثان متشابهان فقاعدتا المخروطين اهليجيان
 متشابهان اذ كانا قطعي مخروطين متشابهين لها ميل متساوي على الجانبين
 وبمشابهة المثلثين ا ط : ط ب : ب ا : ا ب : ب ا : ب ا . فلتدل ق على مادة
 قاعدة المخروط ا ط ب وق على قاعدة المخروط الاخر فلان الاهليجيات
 بعضها الى بعض كمربعات محاورها الطولي والمادة تقاس على السطوح هنا

لكون العمق واحداً تكون ق : ق :: ا ط : ط م ب أو $\frac{ق}{ا ط} = \frac{ق}{ط م}$
ولكن $\frac{ق}{ا ط} = \frac{ق}{ط م}$ يدلان على الجاذبيتين للقاعدة الكبرى والصغرى
(رقم ٢٢) ولكونها متساويتين فالكتلة تجذب بالسوية من كل الاجزاء
المتقابلة من الكرة المجوفة

٢٤ الجاذبية داخل كرة مصمتة تتغير كالبعد من المركز
وبالنتيجة الثقل يتغير كذلك اذا كان كل الكرة على كثافة واحدة
لتكن ط كتلة (شكل ٢) داخل كرة مصمتة ا د س وافرض البعد
من المركز - ب . فبحسب (رقم ٢٢) الكرة (شكل ٢)



المجوفة الخارجة عنها ا د ر لا تؤثر فيها
بل تجذبها فقط الكرة ط ر ق .
لندل ق على مقدار هذه الكرة فكما مر
الجاذبية تتغير مثل $\frac{ق}{ب}$. ولكن ق \propto ب
فاذا ج \propto ب \propto ب . فاذا اذا
حسبنا الارض كرة تامة وذات كثافة تامة
مع انها ليست كذلك بل تقريباً فحجم عدد عمق الف ميل يزن ثلاثة
ارباع ما يزن عند السطح . وعند الف ميل يزن نصف ولا وزن له عند
المركز

فلو تقبت الارض من جانب الى جانب واسقط جسم من ا مثلاً تاخذ
جاذبية ثقله بالتناقص الى ان يصل الى م المركز فتتلاشى هناك ولكن
بالاستمرار يجتاز المركز ويبقى متحركاً الى الجانب الاخر من الارض
ومن المركز تاخذ جاذبيته بالتزايد الى ان تتلاشى قوة الاستمرار هناك
فيرجع في جهة المركز الى ا بالجاذبية والاستمرار ويبقى هكذا ذهاباً وإياباً
الى ما شاء الله

٢٥ الثقل على سطوح كرات ذات كثافة واحدة يتغير كاتصاف
اقطار الكرات

برهان ذلك . ليكن r نصف قطر الكرة و Q مقدار مادتها ثم
لان $j \propto \frac{1}{r^2}$ ففي هذه الحال تتغير مثل $\frac{1}{r^2} \propto r$. فاذا كان سياران
من كثافة واحدة فثقل الاجسام عليها كاتصاف اقطارها او كاقطارها
ولذلك الجسم الذي يزن على الارض رطلاً يزن على القمر خمس اوقية لان
قطر الارض ٦٠ مرة قطر القمر

سوالات للتبرين

س ١ ما ثقل رطل علوه ٨٠٠٠ ميل عن سطح الارض

ج $1\frac{1}{4}$ اوقية

س ٢ كم بصير حجر ثقله قنطاران اذا علي الف ميل عن سطح الارض

ج ١٢٨ رطلاً

س ٣ كم يقتضي ان يعلو رطل عن سطح الارض لكي يكون وزنه

اوقية وثلاث

ج ٨٠٠٠ ميل

س ٤ قال رجل نحيف ثقله ١٢ رطلاً لآخر سمين ثقله ٢٦ رطلاً

اصعد الى فوق لكي تتساوى في الوزن فاجابة السمين انزل است الى تحت
سطح الارض ١٠٠٠ ميل وانا اصعد الى ان تتساوى في الوزن . فكم يقتضي
ان يصعد السمين لكي يتساويا اذا نزل الحفيف ١٠٠٠ ميل وكم يكون
البعد بينها

ج يقتضي ان يصعد السمين ٢٠٠٠ ميل والبعد بينها ٥٠٠٠ ميل

س ٥ كم تخسر صخرة ثقلها ٢٢٤ قنطاراً عند سطح البحر اذا رُفعت الى

جل علوه خمسة اميال

ج ٥٠٨٩٥٢ رطلاً

س ٦ كم يزيد ثقل جسم عند القطبين ثقله رطل عند خط الاستواء

٢٦ لا يخفى ان جاذبية الالتصاق والجاذبية الشعرية صادرتان عن الجاذبية العمومية ليس الا . لانه كلما قربت جواهر الاجسام بعضها الى بعض قويت الجاذبية العامة فيها فتزيد قوة الالتصاق ولا قوة للجاذبية العامة اذا كانت الجواهر بعيدة بعضها عن بعض لصغرهما . وسبب عدم امكاننا ان نجعل قوة الالتصاق بين اجسام متفرقة انه لا يمكننا ان نقرّبها بعضها الى بعض حتى يصير البعد بين جواهرها غير محسوس كما كانت قبلاً . ودليكه انا اذا جمعنا بين لوحى زجاج مستويين امسّين بواسطة سائل يحمل احدهما الاخر بقوة الالتصاق . وكذلك اذا كان للجسم مسام وغمس في سائل فالجاذبية العامة في جواهر السطوح داخل المسام التي تجذب السائل الى جهات متقابلة ترفعه الى فوق وجهه . واذا اعتدض لماذا اذا لا يرتفع السائل في الانابيب الثخينة بمقدار الدقيقة فالجواب ان فعل المجدب ناتج من جواهر الانابيب الذي يقاس فعله على السطوح داخل الانابيب لكونها ذات عمق واحد . والسطوح يعرف مقدارها بضرب الدائر الاسفل في العلو الذي فعلت الجاذبية منه وانما السائل داخلها مجسم يقتضي لمعرفته ان يضرب علوه في الدائر الاسفل والحاصل في نصف نصف قطر الدائر فالسائل والحالة هذه يتغير بنسبة اعظم من نسبة السطوح بعضها الى بعض فتضعف الجاذبية بزيادة ثخن الانابيب ويهبط السائل . ومثلاً يرتفع الماء في الانابيب يرتفع بين سطحي مادتين احدها قريبة الى الاخرى كما اذا قربنا لوحى زجاج احدهما الى الاخر وغمسناهما في الماء . وذلك دليل على ان الفعل للجاذبية العامة وليس

• للانايب الشعرية •

واما المجاذبية المغنطيسية والكهربائية والكيمياوية فلعل الحرارة والكهربائية
واسباب اخر لا نعرفها قد اثرت في المواد والعناصر وزادت المجاذبية
العامة او قللتها فصار المغنطيس يجذب الحديد بقوة ظاهرة • والمواد
المكهربة تجذب ما كان قريبا من المواد الخفيفة وصار لبعض العناصر الفة
لواحد اقوى ما لآخر او لواحد دون اخر

فمرجع الجميع اذن الى المجاذبية العامة وانما باسباب القرب والبعد
والحرارة والكهربائية واسباب آخر قد تنوعت كما مر. فسبحان من توج جميع
أجرام الكون المادي بهذه الخاصية المعنبرة لاجل انمام مقاصد عديدة مفيدة
معتبرة كابقاء السيارة منها تدور حول الشمس في حركتها السنوية وتثبيت
المواد على سطوحها في حركتها اليومية مع انه لولا المجاذبية لتحركت السيارة
والمواد بالاستمرار في خط مستقيم وفرت الاولى عن الشمس والثانية عن
الاولى

الفصل الثاني

في الثقل النوعي

٢٧ الاجسام منها ما هو ثقيل ومنها ما هو خفيف وهذان
اللفظان نسبيا اعني انه لا يحكم بخفة جسم ما لم يتصور عكسه الاثقل
منه ولا بثقله كذلك. وطريقة قياس الثقل على الخفيف انه يفرض
لها حجم واحد او مساحة واحدة ويحكم ان جسما من جنس ما هو

اثقل من آخر من جنس آخر من نفس حجمه. والامر واضح ان
الاثقلية والاخفية يتوقفان على الكثافة واللطافة لكون الدقائق
الاكثف اي المنضغطة على بعضها بزيادة تزيد على دقائق جسم
لطيف في حجم واحد بتشغيل الحيز بزيادة. وفضلاً عن الثقل
النسي المرقوم لكل جسم ثقل خصوصي يعتبر له بدون مقابلته
مع غيره. فالثقل ضربان ثقل مطلق وهو ثقل الجسم الحقيقي
يقطع النظر عن حجمه. وثقل نسبي ويقال له نوعي وهو ثقل
جسم ما بالنظر الى آخر من نفس حجمه. مثاله الثقل المطلق
لرطل ذهب هو كمقدار الثقل المطلق لرطل فلين لانها
يتساويان في الميزان. ولكن الثقل النوعي للذهب بالنسبة الى
الفلين نحو ٨٠٢ ٦٦ اعني ان قطعة ذهب ثقلها ٨٠٢ ٦٦ مرة
ثقل قطعة من فلين من نفس حجمها. وسي بالنوعي لكونه ينظر
فيه الى ثقل نوع بالنسبة الى نوع آخر كالذهب والفلين

٢٨ انه لتعيين الثقل النوعي لكل نوع مادة يقتضي ان يؤخذ نوع منها
اولياً يقاس عليه جميع المواد. فقد اصطلحوا على جعل الماء المنقطر اولياً لكل
الجوامد والسوائل والهواء الفلكي الناشف اولياً لجميع الغازات. وسنضع
جدولاً نعين به الثقل النوعي لأكثر المواد والعناصر المشهورة حاسبين ثقل
الماء واحداً بالنسبة الى الجوامد والسوائل من ذات حجم لماء. والهواء الفلكي
واحداً بالنسبة الى الغازات كذلك لكونها اوليين كما مر. وقد استعملوا الماء
قياساً للثقل النوعي لكون التوصل الى ذلك برأسه اسهل اذ يمكننا بسهولة

ان نستقطر الصافي منه الذي لا يتغير ثقله. وايضاً لكونه يسهل اخذ ثقل اي جسم من نفس حجمه تماماً بواسطة تغطيسه فيه بدون ادنى غلط كما سيأتي بخلاف ما اذا استعملنا غيره فانه يلزمنا استعمال وسائط مستصعبة جداً حينئذ لاجل مساواة الحجم بكل تدقيق

٢٩ اذا غمس جسم في الماء ينقص وزنه داخل الماء عن وزنه خارجاً بمقدار وزن حجم من الماء يساوي حجم ذلك الجسم المغموس تماماً. وذلك لان المقدار من الماء المساوي لحجم الجسم المذكور الذي ملأ الآن الجسم حينئذ كان عائماً في الماء قبل محمولاً فيه بواسطة كبس دقائق الماء عليه من اسفل وهذا الكبس نفسه فاعل على الجسم المغموس وبالنسبة بخففة بمقدار ثقل الماء المساوي لحجمه. فمن حيث ان الجسم المرقوم اثقل من مقدار من الماء مساو لحجمه فجاذبية الثقل تغلب على كبس الماء ويصير ثقله فيه بمقدار الزيادة فيهبط ويغرق. ولكن اذا كان الجسم المغموس في الماء مساوياً له في الثقل النوعي فانه يعوم داخله فلا يطفو على وجهه ولا يغرق لكون كبس الماء قد ساوى قوة الجاذبية. وانما اذا كان ثقله النوعي اخف من الماء يغلب ضغطه على جاذبية الجسم فيجعله ويعوم على وجهه. فبسبب غرق بعض الاجسام في الماء اذا دون البعض الآخر هو ان الذي ثقله النوعي يزيد على الماء يغرق والاخف يطفو على وجهه والمساوي له يعوم داخله لما مر

٤٠ وعلى هذا الناموس المذكور تبني هذه القاعدة لاستعلام الثقل النوعي للجوامد الاثقل من الماء بالنظر الى الماء المقطروهي. وزن الجسم في الهواء ثم وزنه في الماء بتعليقه في ميزان بخيط دقيق او شعرة ثم خذ الفرق بين الوزنين واقسم وزنه خارج الماء على ذلك الفرق فالخارج هو الثقل النوعي لذلك الجسم. مثالة

لو فرضنا ان قطعة من الذهب وزنها خارج الماء ١٩٠٣٦ فيراطاً
 وثقلها في الماء ١٨٠٣٦ فيراطاً فهو يجب القاعدة $\frac{19036}{18036-19036}$
 ١٩٠٣٦ وهو ثقل الذهب النوعي

فلنفرض ث ثقل الجسم الثقيل خارج الماء وث ثقله في الماء ون الثقل
 النوعي فتكون العبارة الجبرية للثقل النوعي بموجب القاعدة المذكورة $\frac{ث}{ث-ث}$
 وث $\frac{ث}{ث-ث}$ وث $\frac{ث}{ث-ث}$. فاذا عرف اثنان من هذه الثلاثة يعرف
 الثالث من هذه العبارات

٤١ وان كان الجسم اخف من الماء كالخشب والفلين فعلق
 عليه جسماً من نوع اخر يغرقه يكون قد عرف ثقله في الهواء وفي
 الماء. ثم خذ وزن الجسمين معاً في الهواء وفي الماء فيكون الفرق بين
 الوزنين مساوياً لوزن مقدار من الماء يعدل حجم الجسمين. ثم اطرح
 الفرق بين ثقل الجسم الثقيل في الهواء وثقله في الماء من الفرق
 بين ثقل الجسمين معاً في الهواء وثقلهما في الماء فيكون الباقي مساوياً
 لمقدار من الماء مساوٍ لحجم الجسم الخفيف. ثم اقسم وزن الجسم
 الخفيف وحده في الهواء على هذا الباقي فيخرج لك الثقل النوعي
 لذلك الجسم الخفيف وسبب ذلك واضح مما تقدم. مثاله لنفرض
 ان الجسم الخفيف وزنه ٢ اواق والثقل ١٥ اوقية خارج الماء و ١٤
 فيه ثم وزنا معاً في الماء فكان ثقلها ١٢ فيكون الفرق بين
 الوزنين ٥ والفرق بين وزن الجسم الثقيل في الماء ووزنه في الهواء

واحداً. اطرح هذا الفرق من الفرق الاول اعني $٥ - ١ = ٤$ الذي يساوي وزن مقدار من الماء يعدل حجم الجسم الخفيف ثم اقسم وزن الجسم الخفيف عليه اي $٢ \div ٤ = \frac{١}{٢}$ ثقل الجسم الخفيف النوعي

لفرض ن الثقل النوعي وخ ثقل الجسم الخفيف خارج الماء وخ ثقلها داخل الماء وث ثقل الثقل خارج الماء وث ثقله داخله فتكون ن - $\frac{٢}{٢ + ٢ - ٢}$ ا ون - $\frac{٢}{٢ + ٢ - ٢}$ ولذلك ذكر بعضهم قاعدة الثقل النوعي للاجسام الاخف من الماء هكذا اطرح من وزن الثقل داخل الماء ثقل الجسمين معاً في الماء واضف الى ذلك وزن الخفيف ثم اقسم ثقل الخفيف على هذا المجموع. ومن العبارة المذكورة لنا $\frac{٢}{٢ + ٢ - ٢}$ ون - $\frac{٢}{٢ + ٢ - ٢}$ وث - $\frac{٢}{٢ + ٢ - ٢}$

٤٢ واما السائلات فيستعلم ثقلها النوعي بان يؤخذ قنينة تسع الف قحمة تماماً من الماء المقطر درجة حرارته ٦٠ فاهرنهيت وتملاً من السائل الذي يراد معرفة ثقله النوعي. ثم توزن القنينة وما تحنويه. ثم توزن وحدها ويؤخذ الفرق بين الوزنين فما بقي فهو ثقل السائل ويقسم وزن السائل على وزن الماء اي الف قحمة فما خرج فهو الثقل النوعي لذلك السائل. مثاله قنينة عيارها ١٠٠٠ قحمة من الماء المقطر تسع ١٨٤٥ قحمة من حامض الكبريتيك فيكون ثقل الحامض الكبريتيك النوعي $\frac{١٨٤٥}{١٠٠٠} = ١.٨٤٥$

او استعلم الفرق بين وزن جسم جامد في الماء ووزنه في الهواء وكذلك الفرق بين وزنه نفسه في السائل المطلوب ثقله النوعي ووزنه في الهواء ثم اقسام الفرق الثاني على الفرق الاول فيكون الخارج الثقل النوعي لذلك السائل. مثال ذلك اذا خسر جسم جامد ٢٠ قحمة عند وزنه في الماء و ٣٠ قحمة عند وزنه في سايل آخر فيكون الثقل النوعي للسائل الثاني $\frac{3}{2} = 1.5$

٤٢ واما الثقل النوعي للغازات فيؤخذ كما يؤخذ الثقل النوعي للسوائل غير انه يجعل الهواء الفلكي الجاف مقياسا لما كما مرّ وذلك بان يؤخذ ثقل قنينة ملانة هواء ثم ثقلها ملانة غازا ويقسم الثقل الثاني على الاول فيخرج الثقل النوعي للغاز المطلوب معرفة ثقله

جدول الثقل النوعي لبعض الجوامد والسوائل

الماء المنقطر	١٠٠٠	الفحم المعدني	١٤٨٠٠
البلاتين	٢١٢٥٠٠	خشب البقس	١٤٣٣٠
الذهب	١٩٢٣٦٠	ماء البحر	٢٤٠٣٠
الزيت	١٢٤٦٠	زيت الخيتان	٠٤٩٣٠
الرصاص	١١٢٤٥٠	لش الصنوبر	٠٤٦٦٠
الفضة	١٠٤٥٠٠	بياض الصنوبر	٠٤٤٣٠
الححاس الاحمر	٨٤٨٧٠	الكحول	٠٤٨٠٠
الحديد	٧٤٨٠٠	الاثير	٠٤٧٣٠

٠٢٣٤٠	الفلين	٣٢٣٣٠	البلور
٠٢٩٣٣	زيت الزيتون	٢٤٨٣٠	الرخام

الغازات

٠٢٩٧٠	١٢٠٠٠	نيتروجين	الهواء الفلكي الناشف
٠٢٥٨٠	١٢٥٢٠	غاز الامونيا	غاز حامض الكربونيك
٠٢٠٧٠	١٢١٠٠	هيدروجين	اوكسجين

واما الهواء فتتقاه النوعي بالنظر الى الماء ١٢٠٠١ كما سيأتي في الهوائيات
 ٤٤ اذا اردت معرفة ثقل جسم جامد من مساحته بدون ان
 تنزله خذ مساحته من الاقدام المكعبة واستعلم وزن القدم المكعب
 من الماء المقطر ثم اضرب مساحة الجسم في وزن القدم المكعب
 والحاصل في الثقل النوعي لذلك الجسم. مثاله اذا اردت معرفة
 ثقل حجر الجبلى في بعلبك فخذ مساحته المكعبة بضرب طوليه في
 عرضه في عمقه من الاقدام وخذ وزن قدم مكعب من الماء
 واضربه في المساحة المذكورة ثم استعلم الثقل النوعي لقطعة
 صغيرة من الحجر المذكور كما مر واضربه في ما حصل فما كان فهو
 ثقل الحجر المذكور

ولا يخفى انه ما يصح في القدم يصح في الذراع او غيره من الاقيسة
 والانكليز يعينون الثقل المطلق للقدم المكعب من الماء لاجل سهولة العمل
 ومقدار ذلك الفواقية طيبة وذلك يساوي نحو عشرة ارطال

٤٥ كذلك اذا أمكن معرفة وزن جسم جامد يتعسر اخذ

مساحتها المكعبة لعدم انتظام سطوحه تسعلم مساحتها باخذ الفرق بين ثقله في الماء وثقله في الهواء وقسمة ذلك الفرق على ثقل قدم مكعب من الماء فما خرج فهو مساحتها من الاقدام المكعبة

مثاله وزن قطعة رصاص في الهواء ٦٨ رطلاً ووزنها في الماء ٤٨ رطلاً فتكون مساحتها قدمين مكعبين لان الفرق بين الوزنين ٢٠ رطلاً وهن ضعف وزن القدم المكعب من الماء كما مر

٤٦ قد تقدم القول ان الاجسام التي ثقلها النوعي يزيد على ثقل الماء تغرق والاجسام المساوية له في الثقل النوعي تعوم فيه والاجسام الاخف تطفو على وجهه. والان نقول ان هذا الحكم يصح ليس فقط على الجوامد والماء بل ايضاً على الجوامد وجميع السوائل وعلى السوائل بعضها مع بعض فالأخف في ثقله النوعي يصعد فوق الأثقل. وعلى ذلك اذا وضعنا سائلات مختلفة كحامض الكبريتيك والماء والزيت والكحول والايثير فنرى انها تنضد فوق بعضها الاخف فالأخف اي ان الحامض يستقر اسفل والماء فوق ثم الزيت ثم الكحول ثم الايثير

ان الريش الخفيف او الهيا او ما شاكلها تطفو في الهواء لكون ثقلها النوعي متساوياً لثقل الهواء النوعي او قريباً من التساوي لكونها متفشة. وعليه يمكننا ان نخفف الثقل النوعي للجوامد بالنسبة الى الماء وغيره بتجويفها. فيمكننا ان نصنع مركباً من حديد مثلاً يطفو على وجه الماء وذلك لان ثقله النوعي حينئذ اخف من الماء لكبر حجمه وقلة مادته فتجويفه بثابة اتساع المسامية. وعلى هذه الحقيقة ايضاً قد اخترعت البلونات لانهم يملأونها غازاً اخف من الهواء وهو الهيدروجين فتطلب الصعود الى فوق ويحملونها ما

يمكن ان تحمّل. وعلى هذا المبدأ قد اختبرعت الستوفات التي اذ تشعل النار فيها يتمدد الهواء داخلها بالحرارة التي من شأنها ان تمّدّد الاجسام كما سيأتي وبصير اخف منه خارجها فيصعد ثم يأتي هواء اخر ليملأ الخلاء اذ لا تطبق الطبيعة الخلاء كما سيأتي ثم يخف هذا ويصعد كذلك وهكذا يحصل مجرى من الهواء يُضرم النار

٤٧ اذا وضع جسم جامد في ماء في وعاء فانه يرفع الماء عما كان عليه بمقدار حجمه وذلك ناتج من خاصية عدم التداخل كما مر

فاذا اخذنا قنبلة فيها ماء اقل من ملئها طول فراغها عقدة وعرضه عقدة مفروض العقد على علوها ووضعنا فيها قطعة من ذهب او غيره وراينا انها ترفع الماء عقدتين مثلاً يُعرف ان حجم تلك القطعة عقدتان مكعبتان. فاذا رفع جسم من فضة الماء عقدتين مكعبتين يكون وزنه انقص من الذهب الذي يرفع الماء بهذا المقدار لكون ثقله النوعي اقل واذا اخذنا جسمين منها متساويين وزناً وانزلنا كلاهما في الماء فالفضة ترفعه اكثر من الذهب لزيادة حجمه حيثئذ وعلى ذلك بنى ارخميدس علميته في استعلام كمية الفضة المزغول بها تاج هير وملك سرقوسه وسنضع ذلك مع المسائل في اخر الفصل

وتحرير الخبر ان هير وملك سرقوسه الذي ولد نحو سنة ٢٩٠ ق م اعطى صائغاً مقداراً من الذهب الخالص لكي يصنعه له تاجاً فعند خلوص التاج داخله مظلة في الصائغ لعله سرق من الذهب وزغل التاج. فاستدعى الفيلسوف ارخميدس معاصره لكي يتحقق ذلك بدون حلّ التاج او برده. واذا لم تكشف عليه طريقة معرفة الامر اولاً بقي محناراً في امره مدة الى ان ذهب الى الحمام يوماً وانزل جسمه في المغطس الطافح بالماء.

ولاحظ انه يتدفق منه ماء بمقدار ما يتدل من جسمه في الماء فانتبه حينئذ الى عدم التداخل في الاجسام وانه اذا تساوت مساحة جسمين واختلف نوعهما يرفع كل منهما الماء بمقدار واحد عن حده ولكن يختلفان في الثقل واذا تساوي وزنها فالذي ثقله النوعي اخف يرفع الماء اكثر لزيادة حجمه حينئذ . وانه من هذه الحقيقة تتوصل الى معرفة الفضة المزغول بها الناج وعند ذلك فر من المغطس وهرول راكضاً من الحمام عرياناً لشدة فرجه باكتشاف المسئلة وهو يصفق ويهتف قائلاً وجدتها وجدتها وسياتي تفصيل العمل

٤٨ اما طريقة معرفة عيار الذهب بواسطة الثقل النوعي فهي ان تاخذ الثقل النوعي للذهب المفروض ثم تربط ١٩٢٣٦ الثقل النوعي للذهب الخالص مع ١٠٢٣٦ الثقل النوعي للفضة الانكليزية الدارجة . وثقلها اقل من الفضة الخالصة لانها تمزج بقليل من النحاس الاحمر لتصير صلبة . وتجعل الثقل النوعي الذي استخرجته ثمناً مركباً ثم تستخرج الفضلين كما في التعديل المتبادل . ثم تجمعهما وثقول نسبة مجموعهما الى ٢٤ كنسبة الفضل المقابل هذا العدد ١٩٢٣٦ الى عيار الذهب المفروض

وهذه القاعدة مبنية على ان الجسم المركب من نوعين او انواع ثقله النوعي يكون ثقل المزيج وطريقة حساب المزيج تعرف من التعديل المتوسط والتعديل المتبادل في الحساب . ولعل هذه الحقيقة لا خال فيها . وعلى هذا الاسلوب يتوصل الى معرفة عيار الفضة غير انه يربط لذلك الثقل النوعي للفضة الصافية بالثقل النوعي للنحاس الاحمر كما في الجدول

مسائل مشورة

س^١ وزن جسم وزن ٢٠٠ قسمة بالهواء والماء ١٥٠ فما الثقل النوعي لذلك الجسم ج^٤

س^٢ سبيكة ذهب خالص وزنها في الهواء ٢٨٠٧٢ درهم فكم يقتضي ان يكون ثقلها في الماء ج^٥ ٢٦٠٧٢ درهم

س^٣ فلينة وزنها في الهواء ٤٨ درهما وقطعة من النحاس وزنها في الماء ٤٨٨ درهما وثقل النحاس والفلين معا في الماء كان ٢٢٦ درهما فكم هو الثقل النوعي للفلين ج^٦ ٢٣٤

س^٤ فلينة وزنها في الهواء ١٢ درهما اغرقتها قطعة رصاص وزنها في الماء ٢٢٩ درهما فكم يقتضي ان يكون وزنها في الماء ج^٧ درهم واحد

س^٥ سبيكة من الذهب وجد ان ثقلها النوعي ١٦٠٣٦ فما هو عيارها

س^٦ هيردوملك سرقوسة امر صائغا ان يصنع له تاجا واعطاه لذلك

٦٣ اوقية ذهباً فزغل الصائغ الذهب بمقدار من الفضة فامر الملك الفيلسوف

ارخميدس ان يمتحن التاج فوجد ان التاج رفع الماء ٨٠٢٢٤٥ عقد مكعبة

وان عقدة مكعبة من الذهب تزن ١٠٠٢٣٦ اوقية وعقدة مكعبة من الفضة

تزن ٥٠٨٥ اواق ومن ثم استعلم كم من ذهب الملك سرقة الصائغ. مطلوب

تكرار العمل

في ٦٣ اوقية ذهب خالص ٦٠٠٨١١ عقد مكعبة

في فضة ١٠٠٧٦٩٢

وبالربط
$$\left. \begin{array}{r} ٦٠٠٨١١ \\ ١٠٠٧٦٩٢ \end{array} \right\} \begin{array}{r} ٢٠٥٤٤٧ \\ ٢٠١٤٣٤ \end{array}$$

٤٠٦٨٨١ : ٢٠١٤٣٤ :: ٦٣ : ك - ٢٨٠٨ اوقية فضة

٢٤٠ ديب

الفصل الثالث

في مركز الثقل

٤٩ مركز الثقل لجسم هو تلك النقطة التي تتوازن عليها جميع اجزائه المتقابلة ويهدأ عليها لو رُكِّز على شيء. وهو للأجسام المنتظمة من ذات كثافة واحدة في مركز مساحتها. مثالة مركز الثقل لكرة او مكعب او اسطوانة هو في المنتصف عند مركز الجسم

ان مركز الثقل لحلقة هو عند مركز دائرتها تماماً. فينتج انه قد يكون في الجسم اي ضمن مادته كـ مركز ثقل كرة وقد يكون خارجها كـ مركز الحلقة. واما مركز الثقل لقوس من حلقة او ما يشبهها فهو في الخط العمودي على منتصف الوتر. وهو ايضاً خارج المادة

تنبيه. نستعمل لفظة مركز الثقل فيما يأتي لنقطته نفسها او النقطة التي تقابلها في سطح الجسم في طرف الخط العمودي من المركز على السطح
٥٠ اذا وصل قضيب من معدن او خلافه بين جسمين فـ مركز الثقل هو بين الجسمين. وهو في نقطة الاتصاف اذا كان الجسمان متساويين. واذا كان احد الجسمين اثقل من

الآخر يكون اقرب للثقل ونهبة بعد احد الجسمين عنه الى
بعد الآخر كثقل الواحد الى ثقل الآخر با لقلب ا. اي الحاصل
من ضرب احد الجسمين في بعده عن مركز الثقل يساوي
الحاصل من الجسم الآخر في بعده عنه وسياتي برهان ذلك في
الميكانيكيات

مثاله في هذين الجسمين اذا كان ثقل ا - ٢٠ اوقية وثقل ب - ١٠

شكل ٤

اواقي والبعد بين ا و ب - ٨

فيكون مركز الثقل عند ل

بحيث يكون ل ب - ٦ وال - ١

٢. وتكون النسبة هكذا ٢٠ :



١٠ :: ٢ : ٦ او $٢٠ \times ٢ = ١٠ \times ٦$ فاذا عرف ثقل كل من الجسمين

وفرض بعد احدهما عن مركز الثقل يستخرج البعد الذي يقتضي ان يكون

للاخر عنه لكي يتوازنا عليه . ولكن ان قُرِض كل البعد بينهما يستعلم مركز

الثقل بهذه النسبة وهي مجموع ثقل الجسمين : ثقل احدها :: البعد بينهما :

بعد الآخر عن مركز الثقل لها . فمتى عرف بهذه النسبة بعد احدهما عن

مركز الثقل يفصل من البعد بينهما فتعين نقطة المركز ل في المثال الماضي

٤٠ : ٢٠ :: ٨ : ك وبالتحويل ك - ٦ وهو بعد الاصغر الذي ثقله ١٠

اواقي وهكذا يستخرج بعد الآخر وهو ٢

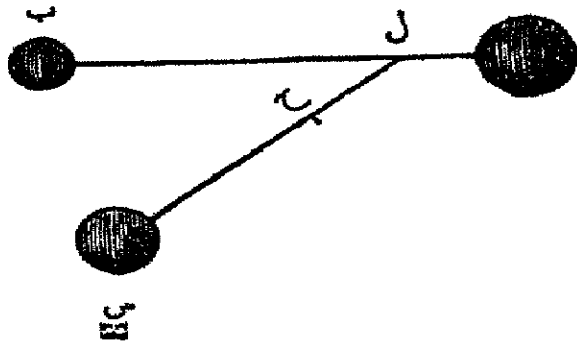
٥١ ثم اذا فرضنا اتصال ثلاثة اجسام بعضها ببعض بواسطة قضبان من

معدن او خلافة كما اذا اتصل بقضيب اب من المركز ل جسم من بقضيب ل

س (شكل ٥) يجري حسابها على ما مر ويحسبان جسي ا و ب قد اجتمعا في

نقطة ل جسماً واحداً لكونها مركز ثقلها فاذا فرضنا س = ٢٠ اوقية

شكل ٥



وس ل - ٦ فحسما مر تكون النسبة

هكذا ٦٠ : ٤٠ :: ٦ : ٦ ك وبالتحويل

ك - ٤ الذي هو بعد س عن

مركز الثقل فاذا فصلنا س ح - ٤

تكون ح مركز الثقل للثلاثة وهكذا

مهما تعددت الاجسام . ولا فرق

بين ان تكون س ل ا او س ل ب

قائمة او غير قائمة ولكن اذا لم يتصل س بالجسمين عند نقطة مركز الثقل

ل فلا يكون مركز الثقل في فضبيه

واعلم انه قد اعتبرها القضبان اب ول س خطين هندسيين لا ثقل لهما .

ولكن اذا اردت التدقيق لمعرفة بعد احد الجسمين باعتبار ثقل القضيب

فاضف نصف ثقل القضيب الى كل من الجسمين ثم تجري النسبة على ما

قدم . وسياتي برهان ذلك في الميكانيكات

٥٢ بعد نقطة مفروضة من مركز الثقل العمودي لعدة من

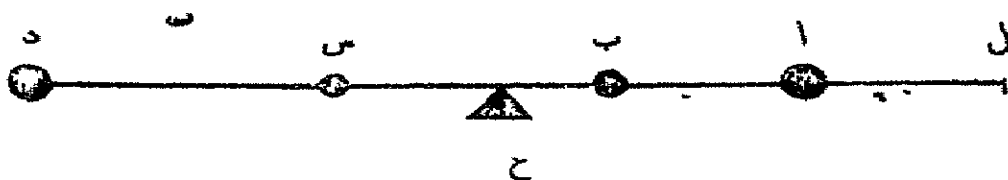
الاجسام مراكز ثقلها في خط مستقيم مار بتلك النقطة يساوي

مجموع الحواصل الناتجة من ضرب كل جسم في بعده عن

النقطة المفروضة مقسوماً على مجموع الاجسام

لتوضع الاجسام اب س د بحيث الخط ل د يمر في مراكز ثقلها فمطلوب

شكل ٦



ان نجد بعد مركز الثقل المشترك لها من نقطة ما مثل ل . ليفرض ل د شريطاً قوياً لا ثقل له ولكن غ مركز الثقل المشترك للجسم ثم حسب ما مرَّ

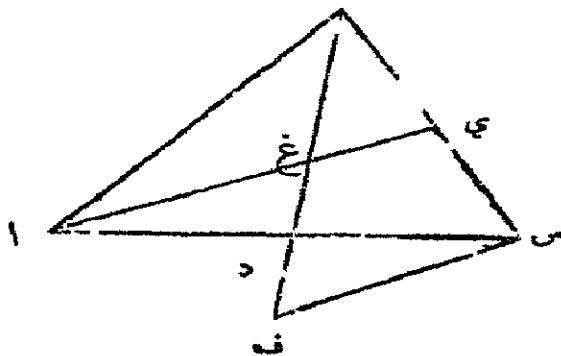
$$\begin{aligned} & \times \text{ا} \times \text{غ} + \text{ب} \times \text{ب} \times \text{غ} - \text{س} \times \text{س} \times \text{غ} + \text{د} \times \text{د} \times \text{غ} \text{ أي } \times \text{ا} \times \text{ل} \times \text{غ} \\ & - (\text{ل} - \text{ا}) \times \text{ب} + (\text{ل} \times \text{غ} - \text{ب} \times \text{ل}) - \text{س} \times (\text{ل} \times \text{س} - \text{ل} \times \text{غ}) + \text{د} \times (\text{ل} - \text{د} - \text{ل} \times \text{غ}) \\ & \text{إذا } \times \text{ا} \times \text{ل} \times \text{غ} + \text{ب} \times \text{ب} \times \text{غ} + \text{س} \times \text{س} \times \text{ل} \times \text{غ} + \text{د} \times \text{د} \times \text{ل} \times \text{غ} \\ & - \times \text{ا} \times \text{ل} + \text{ب} \times \text{ل} \times \text{ب} + \text{س} \times \text{س} + \text{س} \times \text{ل} \times \text{س} + \text{د} \times \text{ل} \times \text{د} \text{ او} \\ & \text{ل} \times \text{غ} - \frac{\times \text{ا} \times \text{ل} + \text{ب} \times \text{ل} \times \text{ب} + \text{س} \times \text{س} + \text{س} \times \text{ل} \times \text{س} + \text{د} \times \text{ل} \times \text{د}}{\text{ا} + \text{ب} + \text{س} + \text{د}} \end{aligned}$$

٥٢ ان رسم خط من إحدى زوايا مثلث ذي عمق واحد وكثافة واحدة الى نقطة انتصاف الضلع المقابل لها. وخط آخر من زاوية اخرى الى منتصف الضلع المقابل لها يكون مركز ثقل المثلث في ملتقى الخطين على بعد من منتصف الضلع المقابل يساوي ثلث طول الخط المرسوم عليه

نصف ا س في د وارسم ب د في هذا الرسم فينصف ب د جميع الخطوط

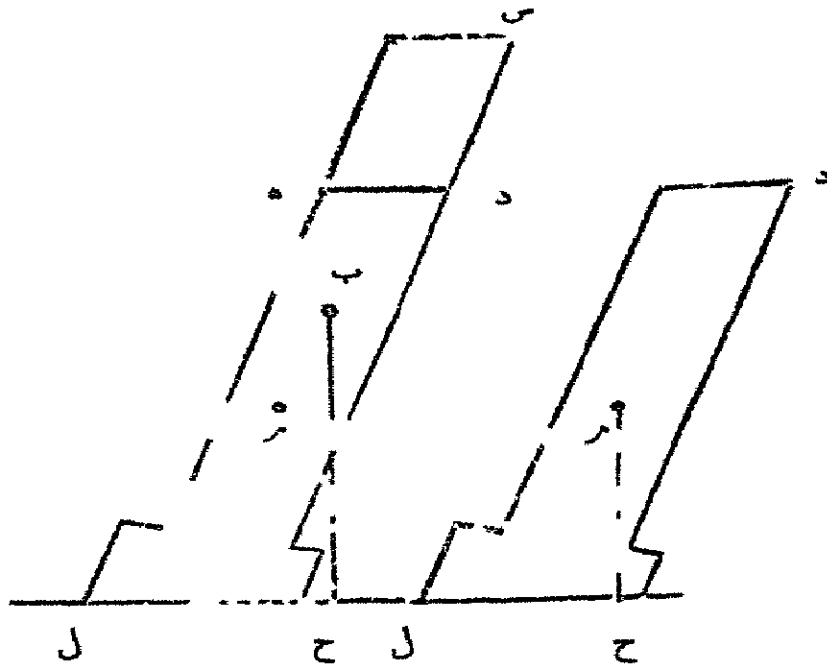
شكل ٢

ب



الموازية لخط ا س المرسومة من اب الى ب س . فلذلك ان وضع خط ب د على حرف طويل بهذا المثلث اب س عليه فتكون نقطة مركز الثقل في خط ب د . نصف ب س ايضاً في ي وارسم اي فيكون مركز الثقل في خط اي وتكون غ نقطة ملتقى خطي

مثالاً ليكن شكل ٩ ل قاعدة مع ل ومركز ثقله م. فمن حيث ان خط
الجهة م ج واقع داخل القاعدة ج ل فيثبت الجسم . ولكن ان اضيف اليه
جسم آخر مثل س ه ينتقل مركز الثقل الى ب مثلاً وحيث يقع خط الجهة
ب ج خارج القاعدة فيقع الجسم . وسبب ذلك هو ان الضغط على مركز
شكل ٩

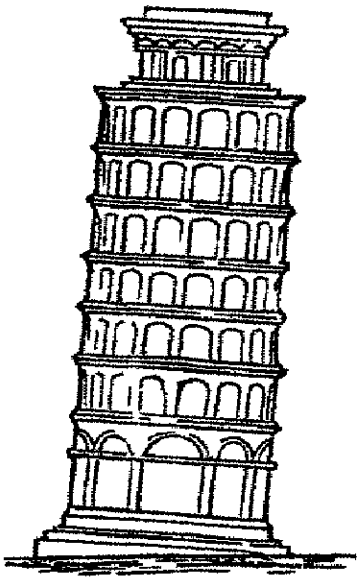


الثقل كما لو اجتمعت كل دقائق الجسم فيه . والجاذبية تنجبه الى نحو مركز
الارض عمودية على سطح الافق فتطابق خط الجهة . فان بقي هذا الخط
داخل القاعدة فالمادة المتصلة بينه وبين القاعدة تسنده والا فلا لعدم وجود
مادة عند القاعدة تسنده كما ترى (شكل ٩)

تنبيه. سطح الافق للشخص اولشي هو السطح المستوي الذي يمر بالارض في
موقع الشخص ويقال ايضاً للسطح الموازي له الذي يمر بمركز الارض سطح
الافق . فلا بد ان يكون الخط المستقيم المنجبه الى نحو مركز الارض الذي يمر
بموقع الشخص عمودياً على سطح افقه لان سطح افقه يمر بكرة الارض عند

موقعه وبحسب الهندسة نصف القطر من المركز الى نقطة الماسة عمودي على
الخط او السطح الماس

٥٥ ان برج يينا الشهير (شكل ١٠) الذي علوه مئة وثلاثون قدماً
وميل ٥ اقدماً عن الوضع العمودي بدون ان يقع هو مثال لما ذكر . فانه
مبني بمهارة واعناء كلي حتى يقع خط



شكل ١٠

الجهة من مركز ثقله داخل قاعدته . وكيفية
بنائه أن الجزء الاسفل منه مبني من صخر
كثيف جداً ووسطه من قرميد واعلاء من
حجر خفيف مسامي لكي يكون مركز ثقله
اقرب في هذه الحال الى القاعدة منه في حال
كون كثافة البناء من اسفل الى هذا العلو
واحدة وبذلك يقع مركز ثقله داخل القاعدة
فيثبت . فلو بنوه من كثافة واحدة او زادوا
علوه مع بنائه هكذا لوقع لان مركز الثقل

يقع حينئذ خارج القاعدة . ولا شك انه كان القصد في بنائه على هذه الكيفية
الذي اقتضى له كل هذا الاعناء جعله موضوعاً للبهجة والتعجب

٥٦ ما تقدم ينتج انه كلما وسعنا قاعدة جسم مع بقاء المركز
او قربنا المركز من القاعدة مع بقاءها على حالها يكون الجسم أثبت
واقل خطراً من ان يقع بقوة ضعيفة . وكلما ضاقت القاعدة مع
بقاء المركز على حاله او بعد المركز عن القاعدة مع بقاءها على
حالتها زاد خطر وقوعه لان قوة ضعيفة تميله قليلاً حتى يقع مركز
الثقل خارج القاعدة

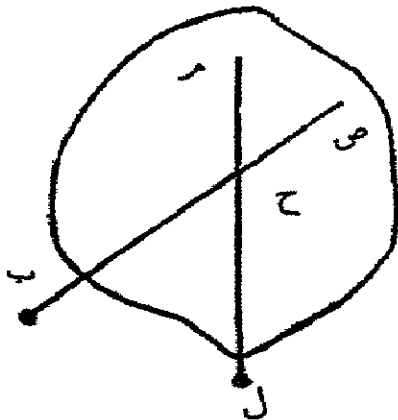
٥٧ ان الذي يسهل على البهلوان ان يمشي على الحبل هو انه يعتاد بواسطة الميزان الذي يمسكه بيديهما يرجع مركز الثقل الى القاعدة عند ما يميل خط الجهة بيله على الحبل ان يقع خارجها . والاختبار يعلمه انه كلما مال هو الى جهة يميل الميزان الى الجهة المتقابلة لكي يتغير مركز الثقل فينتقل الى حيث يقع داخل القاعدة وعلى مبدأ مراعاة مركز الثقل تم جميع اللعب البهلوانية . وعليه اذا التزمت ان تمشي على جدار او حرف ضيق تكون اقل خطراً من الوقوع اذا مددت يديك الى اليمين واليسار لتتقي بهما الوقوع كميزان البهلوان . وعلى هذا المبدأ اذا انحنى واقف الى نحو الارض يلتزم ان يؤخر عجزه الى خلف ولولا ذلك لما امكنه ان ينحني لصغر قاعدته عند رجليه . ودليله انك اذا اتصبت بلصق حائط لا يمكنك ان تنحني كالعادة فتتناول شيئاً من عند رجلك بدون ان تقع . وعلى ذلك يؤخر العظم البطن او الذي يحمل شيئاً ثقيلاً على بطنه الجزء الاعلى من جسمه امثلاً يقع الى قدام بوقوع مركز الثقل خارج القاعدة وهم جراً

٥٨ اذا علق جسم في نقطة منه وهذا فخط الجهة لا بد ان يمر بنقطة التعليق للجسم اذا اخرج منها كان شكله او سمكه او كثافته

مثالة ليكون ' د ب (شكل ١١)

جسمًا مركز ثقله ح وليعلق بالنقطة م بواسطة سمار مثلاً . فاذا علق خيط مثل م ل مربوطاً في طرفه ثقل لكي يجعله عمودياً على سطح الافق اذا هدأ عن الخطران فلا بد ان يمر بالنقطة ح . وسبب ذلك ان المادة على جانبي م ل لا بد ان تتوازن

شكل ١١



لان الجاذبية تفعل على جهته ولا يدفع الجانب الاثقل الاخف الى ان توازن مادة الجانب الواحد مادة الجانب الاخر حيث يرم ل ضرورة في مركز الثقل ويوافق خط الجهة لانه يتجه الى نحو مركز الارض . واذا اتخذنا نقطة اخرى غير م مثل ص وعلقنا الجسم والثقل ب بها يترب الى ل ويكون ص ب عمودياً على الافق ويرمركز الثقل ج لما تقدم فتتبعين ج حيث نقطة تقاطع خطي م ل و ص ب . فتستخلص من ذلك قاعدة عمومية لمعرفة مركز الثقل لاي جسم كان وهي

علق الجسم بنقطة منه وعلق بتلك النقطة خيطاً في طرفه ثقل واصبر عليه الى ان يهدأ . وارسم خطاً يطابق ذلك الخيط . ثم علقه بنقطة اخرى منه كذلك . وارسم خطاً ايضاً يطابق الخيط . فمركز الثقل في نقطة تقاطع الخطين

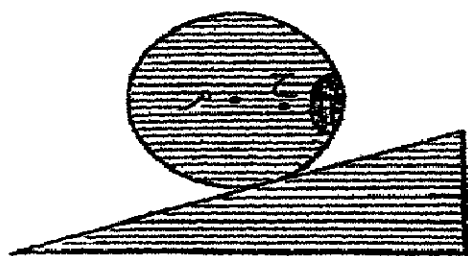
٥٩ اذا تعلق جسم فلا يخلو اما ان تكون نقطة التعليق مركز الثقل او تحته او فوقه

ففي الحال الاول يهدأ الجسم كيفما وضع كدولاب معلق على محور او موضوع على سطح افقي . وهذه الحالة ما تسمى بالموازنة المطلقة . وقد يكون والحالة هذه مركز الثقل بعيداً عن مركز الجسم المنتظم لاختلاف الكثافة . وقد يكون خارج الجسم كحلقة او طارة وعلى كلا الحالين مركز الثقل براعي كما لو كان في مركز الجسم نفسه او ضمن مادته .

وفي الحال الثاني ان تحرك مركز الثقل ولو قليلاً عن وضعه المتسامت يرسم نصف دائرة تامة وبلا استمرار بفوت نصف المحيط قليلاً ثم يرجع وهكذا يهدأ بعد ان يخطر عدة خطرات تحت نقطة التعليق . وهذه الحالة ما تسمى بالموازنة غير الثابتة

وفي الحال الثالث يثبت الجسم ولكن ان غيرناه عن وضعه يرجع اليه ولا يهدأ حتى يستقر مركز الثقل تحت نقطة التعليق اذ تكون متسامتة له .
وهذه الحال تسمى بالموازنة الثابتة

وعلى ذلك اذا ترك جسم ان يتحرك لا يمكن ان يكون في موازنه ثابتة ما لم يهدأ مركز الثقل عند النقطة السفلى .
وعلى هذا المبدأ قد يتحرك جسم ظاهراً ضد الجاذبية



شكل ١٢

مثاله (شكل ١٢) القرص م من

خشب الثقيل على جانب واحد برصاص

مثلاً حتى يكون مركز ثقله عند ح يصعد على سطح مائل حتى يصير مركز الثقل اسفل . فمركز الثقل اذ ذاك يهبط بالنسبة الى مركز الجسم المحسوب كنقطة التعليق الذي يصعد الى فوق . وعلى هذا المنوال لا تستقر كرة او طابة مثقلة على جانب واحد ما لم يهبط الجانب الثقيل الى اسفل

قطعة من دائرة على سطح افقي لا تستقر ما لم تكن قاعدتها افقية . وذلك لان القطعة تمس السطح دائماً في نقطة متسامتة لمركز دأعريها س المحسوب كنقطة التعليق . فاذا لم يكن

شكل ١٣

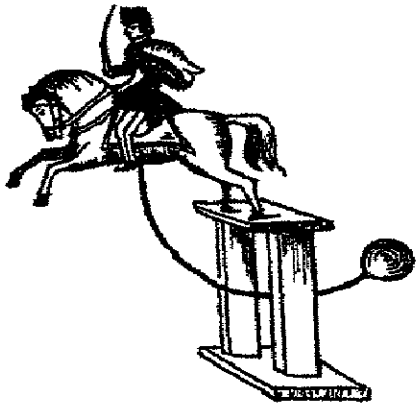


مركز الثقل ج في الخط المتسامت المرسوم من س الى نقطة الماسة لا يكون خط البجته مسنوداً فيقع مركز الثقل . وان كان في الخط

يكون مسنوداً بنقطة الماسة ويكون في النقطة السفلى تحت نقطة التعليق فوالحالة هذه تكون قاعدتها افقية كما يرى في الرسم (شكل ١٣) . فبعد ان يتحرك الى هذا الخط ويفوته بالاستمرار يرجع اليه ويفوته اقل وهكذا تخطر

القطعة عدة خطرات الى ان تهدأ ويشتت مركز الثقل تحت نقطة التعليق في الخط . وعلى هذا المبدأ اصطنعت الاسرة والكراسي الهزازة وغيرها لكي تهتز بسهولة!

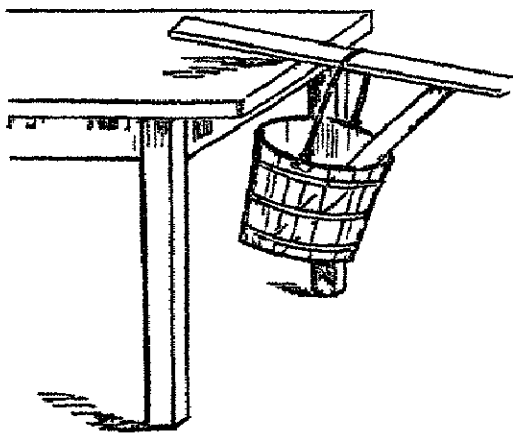
شكل ١٤



ويبين ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق بوضع متسامت بعد عدة خطرات من لعبة مصنوعة لاجل تسلية الاولاد (شكل ١٤). فان الحصان وراكبه معلقان برجلي الحصان وبواسطة كرت من رصاص في طرف الشريط الملتوي مستديراً كالعرجون . يصير مركز الثقل تحت نقطة التعليق . واذا حركت اللعبة

تخطر عدة خطرات بخطران مركز الثقل الى ان تهدأ يهدوّه . وقد تصنع يدا الحصان على كيفية بها تتحركان بموجب مبادئ مركز الثقل

شكل ١٥



وقد يتبين ثبوت مركز الثقل تحت نقطة التعليق على وضع متسامت بطريقة مبهجة وهي . خذ دلوّاً كما في هذا الرسم (شكل ١٥) ملوّاً ماءً وعلقه على مائدة في عارضة من خشب متصل بها عارضة اخرى تصل الى قعر الدلو وتُدفعه الى تحت المائدة على الكيفية المبينة في

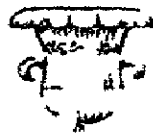
الرسم . فبذلك يصير مركز الثقل تحت حرف المائدة حيث نقطة التعليق متسامتة له فيتعلق ولولا العارضة السفلى المتصلة بالعلية لما ثبت الدلو

سوالاٹ للتمرین

س^۱ برج علی شکل اسطوانة متساوي الكثافة علوه المائل ۳۰ ذراعا
 وقطر قاعدته ۴ اذرع مبنی مائلاً بقدر ما يمكن بحيث لا يقع فما هو علو مركز
 ثقله العمودي على طرف قاعدته ج ۹۰۸

س^۲ مفروض وضع ثلاثة اجسام على زوايا مثلث مطلوب البرهان ان
 مركز ثقلها مركز ثقل المثلث نفسه

س^۳ مفروض مثلث من خشب جوز ذو عمق واحد طول اضلاعه
 ۴ و ۳ و ۲ اقدام فكم يكون بعد مركز ثقله عن منتصف ضلعه الاطول
 ج (بحسب اقل قالك ۲) ۵۲۷ من القدم



الباب الثاني

في الحركة وفيه ستة فصول

الفصل الاول

في الحركة والزخم والقوة

٦١ الحركة هي انتقال جسم من حيز الى اخر فهي عكس السكون . وهي ضرورية للكون لانه ان لم يكن حركة فلانهار وليل ولا فصول في السنة ولا تجري المياه في مجاريها ولا حركة للهواء ولا صوت ولا نور ولا حرارة ولا حياة حيوانية او نباتية بل موت عام

اذا تحرك جسم بقوة ما فلا بد ان يعتبر في حركته ثلاثة اشياء وهي البين والوقت والسرعة . اما البين فهو الفسحة التي يتحرك فيها الجسم في وقت مفروض واما الوقت فهو مدة الحركة واما السرعة فهي مقدار فسحة الحركة في واحد من الوقت . كما اذا وصل صوت مدفع من مكان الى اخر على بعد ٢٣٧٥ قدماً

بعد ظهور شهب البارود بثلاث ثواني فيقال ان سرعة الصوت هي ١١٢٥ قدماً في الثانية . فان السرعة هي ١١٢٥ والوقت ٢ ثواني والبين ٧٥

٦٢ ان الحركة تقسم الى قسمين مطلقة وهي حركة جسم في بين ما يقطع النظر عن جسم اخر . ونسبية وهي حركته في بين بالنظر الى جسم اخر مباشرة فحركة النجوم السيارة في دوائرها مثلاً هي مطلقة وحركة مسافر على ظهر مركب هي حركة نسبية لانه متحرك بالنظر الى الماء او البر مع انه ساكن باعتبار جلوسه على المركب وكذلك حركة الاجسام على سطح الارض . وهكذا نقسم السكون الى قسمين مطلق ونسبي . فاذا توهمنا جرماً ساكناً في الفلك يكون سكونه مطلقاً . واذا تحرك مركب الى جهة وتحرك راكب الى جهة متقابلة على ظهره بسرعة المركب حتى يبقى في المكان الذي كان فوقه من الماء فان سكونه نسبي لانه ساكن بالنسبة الى الماء مع انه متحرك بالنظر الى المركب . ولا نعرف جسماً في الكون ساكناً سكوناً مطلقاً

٦٣ ثم ان الحركة باعتبار السرعة تقسم الى ثلاثة اقسام متساوية وهي حركة جسم في فترات متساوية في اوقات متساوية . ومتسارعة وهي مرور جسم في فترات يتزايد طولها في اوقات

متساوية كحركة الجسم الساقط في نحو الأرض كما سيأتي. ومتباطئة وهي مرور جسم في فترات يتناقص طولها في اوقات متساوية كحركة جسم رمي الى اعلى فتتناقص حركته بالجاذبية الى ان نتلاشى فيرجع بحركة متسارعة بالجاذبية

انه لا مرّ واضح ان البين في الحركة المتساوية يعدل حاصل الوقت في السرعة. مثالة اذا تحرك جسم ٤ اقدام في كل ثانية ففي ٦ ثوان يمرّ بنفحة طولها ٢٤ قدماً . واما البين في الحركة المتسارعة او المتباطئة بدوام فعل قوة

شکل ١٦

٤-س

٢١

واحدة كالجاذبية فسياتي الكلام عليها في حركة الاجسام الساقطة الى الارض ولا ضابط للتسارعة او المتباطئة بفعل قوتين او قوا مختلفة . ويعبر عن البين في الاولى بمسطح وعن الوقت والسرعة بضلعين فرسم هذا المستطع يطابق المثل المذكور . فاذا فرضنا البين - ب والسرعة - س والوقت - و يكون لنا هذه العبارة

ب - و X س ومن هذه العبارة نستخرج بالجبر و - س و - و . فمع بقاء السرعة يتغير البين كالوقت او مع بقاء الوقت كالسرعة . والوقت يتغير كالسرعة بالقلب والسرعة كالوقت بالقلب مع بقاء البين

٦٤ الزخم . زخم جسم هو مقدار قوة حركته . وهو يساوي حاصل كمية مادته في سرعته . لان زخم الجسم كله هو مجموع قوا حركات

جميع اجزائه فيتوقفه على عدة الاجزاء وسرعة كل واحد منها

لتفرض الزخم - ز ومقدار المادة - ق والسرعة - س فلنا

$$ز - ق \times س \text{ وق} - \frac{ز}{س} \text{ وس} - \frac{ز}{ق}$$

اي ان الزخم يساوي المادة في السرعة والمادة تساوي الزخم مقسوماً على السرعة والسرعة تساوي الزخم مقسوماً على المادة . فاذا عُرِفَ اثنان من هذه الثلاثة يُعرف الثالث من هذه العبارات الثلاث . ثم من العبارة الاولى يتج ان ز ∞ ق او ز ∞ س اي الزخم يتغير كالمادة بالاستقامة مع بقاء السرعة على حالها او كالسرعة بالاستقامة مع بقاء المادة كذلك . فاذا زاد الزخم او نقص كزيادة المادة او نقصانها في جسم متحرك تبقى السرعة على حالها . ومن العبارة الثانية والثالثة يتج انه اذا زادت المادة كزيادة السرعة بالقلب يبقى الزخم على حاله . واذا زادت السرعة كزيادة المادة بالقلب يبقى الزخم على حاله

٦٥ القوة. اذا فعلت قوة في جسم فلا تحدث حركة في كل

اجزاء الجسم في وقت واحد . ولكن تحرك اولاً الدقائق التي

تعمل عليها القوة ومنها تمتد الحركة الى الدقائق الاخرى بالتتابع

ويتضح ذلك من انه اذا رُميت رصاصة من اليد على لوح زجاج فانها

تكسر كسرًا . ولكن اذا اطلقت من بارودة فانها تاخذ منه بقدر ملئها .

وسبب ذلك هو ان الرصاصة اذا رُميت باليد فالقوة بما انها ضعيفة تجعل

حركتها بطيئة وبذلك يكون فرصة لامتداد الحركة في الزجاج فيتكسر

قطعا . ولكن الرصاصة المطلقة من البارودة تكون سريعة جدًا حتى لا

يكون فرصة للحركة لكي تمتد الى بقية الاجزاء التي لم تسبق الرصاصة فتاخذ

الدقائق التي فعلت بها وحدها وتخرقه تاركة فيه ثقبًا اتساعه كانساع

قطرها . ودليله انك اذا علقت لوح زجاج بخيط في غصن شجرة مثلاً واطلقت

عليه رصاصة ينثقب ولا يتحرك. وإذا كان باب مفتوحاً فإنه يغلق بقوة ضعيفة ولكن إن أصابته كلةً أطلقت من مدفع ثخينة وتأخذ منه ملاًها بدون أن تتحرك. وذلك لأن سرعتها تجعلها تغلب على جاذبية الالتصاق فتأخذ الاجزاء الفاعلة عليها بسرعة فائقة بحيث لا تسمح للحركة بفرصة لكي تمتد إلى باقي اجزاء الباب وتغلب على استمراره في حالة السكون

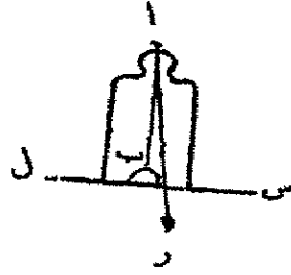
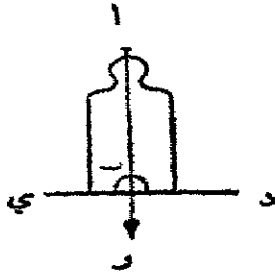
٦٦ إذا تحرك جسمٌ فلا بد من قوة تفعل فيه فتغلب على استمراره في حال السكون فتتحرك كما أنه إذا كان متحركاً فلا بد من قوة تسكنه. ولما كانت القوة تعتبر كالزخم لأنه نتيجةها فإذا وضعنا القوة عوض الزخم (رقم ٦٤) تتغير كتلته بالنظر إلى المادة والسرعة هناك. وتتغير المادة كتغير السرعة بالقلب والسرعة كالمادة بالقلب مع بقاء القوة كما أنهما يتغيران بالقلب هناك مع بقاء الزخم. فإن زادت القوة كزيادة المادة في جسم متحرك تبقى السرعة على حالها متسارعة كانت أو متباطئة أو متساوية

الفصل الثاني

في حركة الاجسام الساقطة إلى الأرض

٦٧ إذا سقط جسم من علوٍ ما فيمر على خطٍ مستقيم إلى جهة مركز الأرض لأن جاذبية الأرض تفعل إلى جهة المركز كما مر ويتضح ذلك من أنه إذا علقنا جسماً كرصاصة بخيط نرى خيط الرصاصة ينجح إلى نحو مركز الأرض وعلى هذا المبدأ قد اصطنع ميزان البناء ليعرف به أن كان حائط البناء متجهاً على استقامة إلى نحو مركز الأرض أم لا. والفادن أيضاً كما نرى (شكل ١٧) الذي يوضع سطح أسفله منطبقاً على سطح

مستوي يعرف ان كان افقيًا ام لا . لان خيطه ارا المعلق به الرصاصة راذا
شکل ١٧

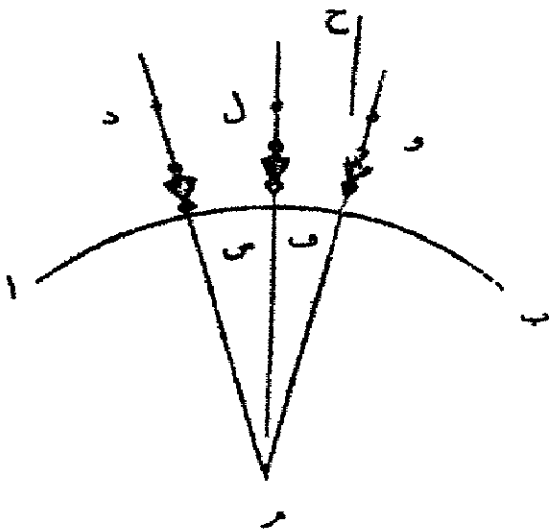


يتجه الى نحو مركز الارض
لا بد ان يكون عمودياً
على السطح ان كان افقيًا
مثل دي (رقم ٥٤)
فينطبق حيثثذ على خط

الفادن اب المرسوم من نقطة تعليق الخيط عمودياً على سطح اسفله المنطبق
على السطح دي . وان لم يكن السطح افقيًا مثل س ل فلا ينطبق الخيط
ار على خط اب لان اب عمودي على ل س المنطبق عليه قاعدة الفادن
وهو ليس بافقي . فمن انطباق خيط الفادن على خط اب او من ميله عنه
يعرف هل السطح افقي ام لا

ثم لا تقع خيطان ميازين او فوادن بعيدة بعضها عن بعض متوازية
لكونها نتيجة نحو المركز فتلتقي اذا اخرجت عنده كما في هذا الرسم . ليكن اب

شکل ١٨



جزءا من سطح الارض وم المركز
فالميازين د ل و نتجه الى نحو
المركز وتلتقي هناك فلا يمكن
ان تكون متوازية لان الخطوط
المتوازية لا تلتقي ولو اخرجت
الى غير نهاية . ومقدار الميل عن
التوازي يكون لكل ميل جغرافي
دقيقة على دائرة عظيمة كخط
الاستواء . فاذا قُرِض قوس فس

ميلًا واحدًا اجعل خط ح ف موازيًا س ل تكون زاوية ح ف واول م و

دقيقة لكون ف س قياس زاوية ل م و الميل الجغرافي على سطح الارض
يساوي دقيقة

٦٨ ان كل الاجسام خفيفة كانت ام ثقيلة كبيرة ام صغيرة
اذا سقطت من علو واحد تكون سرعتها واحدة وبالضرورة
تصل الى الارض في وقت واحد

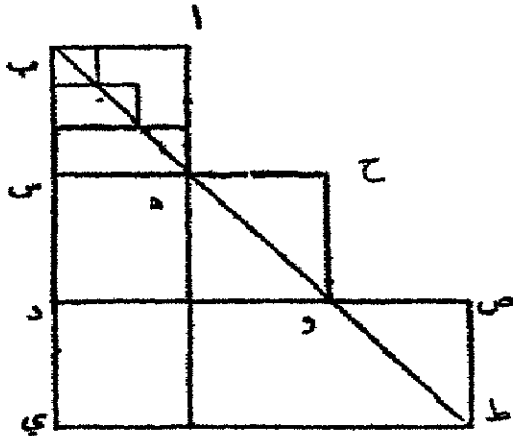
وذلك لان جاذبية الارض تفعل في جميع الدقائق على التساوي فتتغير
قوة الجاذبية كتغير المادة اي اذا كانت مادة جسم ضعف مادة اخرى تكون
قوة الجاذبية الفاعلة فيه ضعف الفاعلة في الاخر او ثلثة اضعاف فثلثة اضعاف
وهلم جرا . وانه لا مر واضح انه اذا تغيرت القوة كتغير المادة تبقى السرعة
واحدة كما تقدم في الكلام على القوة (رقم ٦٦) . وبما ان قوة الجاذبية تتغير
كتغير المادة كما سبق القول فسرعة الاجسام الساقطة ولن اختلفت في
الثقل او المقدار هي واحدة . ولما كان الوقت في حركة الاجسام الساقطة
يساوي البين على نصف السرعة الاخيرة كما سيأتي فاذا مر اجسام متساوية
السرعة في ايمان متساوية تكون الاوقات المقتضية لمروها في تلك الايمان
متساوية واذا ابتدأت ان تتحرك في زمن واحد من علو واحد في بين ما
تصل الى نهايته في وقت واحد

وانما اذا اعترض لماذا اذا سقط قطعة رصاص وريشة معا من علو
واحد لا يصلان الى الارض في وقت واحد . فالجواب ان مقاومة الهواء
للريش تغلب على قوة الجاذبية الفاعلة فيه اكثر مما تغلب على الرصاص
لكون ثقله النوعي اقل جدا من ثقل الرصاص النوعي كما مر . ودليله انك
اذا وضعت ريشة ورصاصة معا في زجاجة مستطيلة قد تفرغ منها الهواء بالآلة
المفرغة وقلبت الزجاجة لتسقط تراها يصلان الى اسفل الزجاجة في وقت
واحد . بخلاف ما اذا كانت الزجاجة ملانة هواء فحينئذ لا يكون كذلك

٦٩ الاجسام الساقطة من علو ما يتزايد بينها كهر ربع الوقت

ولبرهان ذلك لنفرض ان جسماً سقط من علو وبقي نازلاً ثلاث ثوان

شكل ١٩



الى ان وصل الى الارض . ولنفرض ان
سرعته في الثانية الاولى واحد . ولندل على
سرعة الناتجة عن الجاذبية بخط اب في
هذا الرسم وعلى الثانية الاولى بخط ب س
فيدل بمساحة الشكل اس على اليمين في
الثانية الاولى لما مرّ (رقم ٦٢) . فاذا بطل
فعل الجاذبية بعد ان حرّكت الجسم في بداية
الثانية الاولى فلا يخفى انه بالاستمرار يبقى

الجسم يتحرك بسرعة متساوية . واذا حسبنا ان س د الثانية الثانية ودي
الثالثة فعند نهاية الثالثة يدل على اليمين بشكل اي . واذا فرضنا ان الجاذبية
فعلت في بداية الثانية الثانية بعد ان بطلت الى اخر الاولى يكتسب الجسم
سرعة ج هـ فوق استمراره بسرعة اب او س هـ ويمرّ بين يـ د على مسطح
ج د . وهكذا في الثانية الثالثة يمرّ الجسم بين يـ د على مسطح ص ي .
فتكون هذه الايام اس ج د ص ي مجموعها يدل على اليمين الذي مرّ
فيه الجسم بثلاث ثواني اذا كانت الجاذبية تفعل في اول كل ثانية وتبطل الى
نهايتها . ولكن بما ان فعل الجاذبية متصل في كل لحظة من كل ثانية
لنفرض اننا نقسم الثواني ب س س د دي اقساماً صغيرة الى غير نهاية
الى ان نتصل النقط بين ب وي فواضح ان المثلثات اب هـ ج هـ و ص و ط
ثلاثي وتصير نقطاً في خط ب ط كما يرى في خط ب هـ (شكل ١٩) وحينئذ
يدل على اليمين الذي يمرّ به الجسم في مدة ثلاث ثوان بثلاث ب ط ي القائم
الزاوية وعلى الوقت بخط ب ي وعلى السرعة الاخيرة بخط ي ط . وبما ان

المثلثات المتشابهة كمربعات اضلاعها

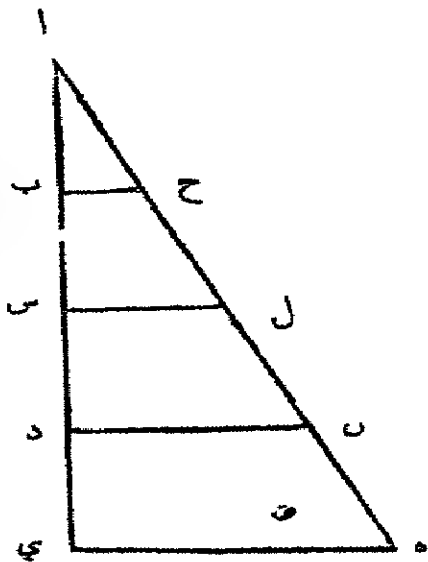
فمثلث ب س هـ : مثلث ب د و :: ب س : ب د والمثلثان المذكوران يدل اولها على البين في الثانية الاولى وثانيهما على البين في الاولى والثانية ولا يخفى النسبة بين ب س هـ وب ب ي ط فمن النسبة المذكورة يتج ان البين يتغير كمربع الوقت. وواضح ايضا ان الاوقات تتغير كالسرعة لان المثلثات المتشابهة اضلاعها المتناظرة متناسبة فنسبة ب س : ب د :: س هـ : د و . وان البين يتغير كمربع السرعة لأن ب س هـ : ب د و :: س هـ : د و وهكنا مها تعددت المثلثات بتعدد المثلثواني يتبين لنا ان البين يتغير كمربع الوقت او كمربع السرعة والوقت كالسرعة

٧٠ لما كانت الايوان التي يمر بها جسم ساقط تزداد كمربعات

الاقوات تكون حركته متسارعة بقوة الجاذبية الدائمة

فان سقط جسم من حال السكون في اوقات يدل عليها اب ب س

شكل ٢٠



س د د ي كما في هذا الرسم (شكل ٢٠)

وفرضنا اب - اواس - ٢ وا د - ٣ و

اي - ٤ الخ اي ٤ ٣ ٢ ١ الخ فالايوان الممرور

بها المدلول عليها بمثلث اب ح واس ل و

ادن واي هـ - ٦ ٩ ٤ ١ الخ والايوان الممرور

بها في الثانية الاولى والثانية والثالثة والرابعة

يدل عليها بهذه الاعداد الوترية ١ ٣ ٥ ٧ الخ.

وبما ان المدققين في هذا الفن قد عرفوا من

امتحان مدقق ان الجسم يمر في الثانية الاولى

١٦ ١/٢ قدم فموجب الاعداد الوترية يمر في الثانية الثانية ٣٢ x ١٦ ١/٢ وفي

الثالثة ٥ $16\frac{1}{2} \times$ الخ • فدوام فعل الجاذبية يجعل حركة الجسم الساقط متسارعة كما ترى

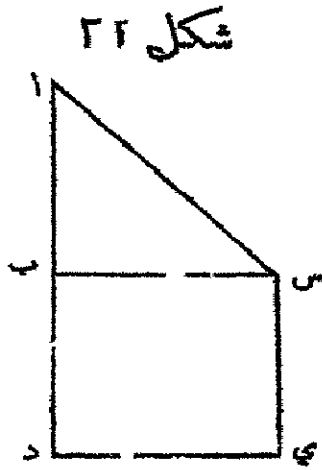
٧١ ثم كما ان الجاذبية تحدث حركة متسارعة لاجسام ساقطة تحدث حركة متباطئة لاجسام صاعدة اذ تفعل ضد حركتها

اذا رُمي جسم الى فوق بنفس السرعة الاخيرة التي يكتسبها بالجاذبية لو هبط من علو ما في وقت تاخذ سرعة القوة الدافعة بالتناقص بمضادة الجاذبية نفسها في حال الصعود الى ان تتلاشى عند نهاية العلو في نفس الوقت فيرجع هابطا ويكتسب السرعة التي رُمي بها

مثالة اذا رُمي جسم الى فوق بسرعة ما وبقي مدة ٤ ثوانٍ فالين الذي يصل اليه يقتضي ان يكون $16\frac{1}{2} \times 4^2 = 256\frac{1}{2}$ لان الجاذبية تنزله في هذا الين في ٤ ثوانٍ لكي تكسبه تلك السرعة التي رُمي بها فيقتضي ان تخسر اياها في صعوده في هذا الوقت وفي هذا الين . وذلك يتضح من النظر الى (شكل ١٩) فاذا رُمي جسم بسرعة ط ي وهي السرعة الاخيرة التي اكتسبها في مدة ٢ ثوانٍ فيصعود الى ان تتلاشى سرعة ط ي بمضادة الجاذبية يدل على الين بشكل ا ب ي ط ص ج اذا صادته في اخر كل ثانية ولكن لكونها دائمة نزول الدرجات عند ص و ج وا ويدل على الين الذي صعد فيه الجسم بمثلث ب ي ط كما اشرنا (رقم ٦٩)

٧٢ الين الذي يمر به جسم ساقط من حال السكون في وقت ما بفعل الجاذبية هو نصف الين الذي يمر به لو تحرك على السرعة الاخيرة في كل الوقت المفروض

ليدل مثلث ا ب س على الين الذي يمر به جسم بفعل الجاذبية في

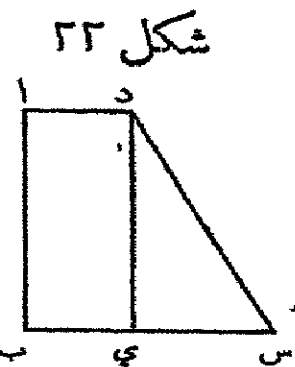


الوقت ا ب . وليكن ب س السرعة المكتسبة .
 الاخيرة . اخرج ا ب الى د واجعل ب د - ا
 ب ونم شكل ب ي . فان تحرك جسم حركة
 متساوية في الوقت ب د المساوي ا ب بسرعة
 ب س يدل على البين الذي يمر به بشكل
 بي (رقم ٦٣) الذي نصفه ا ب س . اذا البين
 المرور به بحركة متسارعة في وقت ا ب هو نصف
 المرور به في ذات الوقت ب د بسرعة متساوية

فاذا بطل فعل الجاذبية على جسم ساقط في آخر الثانية الاولى وبقي
 الجسم متحركا بالاستمرار يمر بالثانية الثانية بين هو ضعف البين في الثانية
 الاولى اي $\frac{٢٢}{١}$ فيجب هذا العدد السرعة في آخر الثانية الاولى

٧٣ البين الذي يقطعه جسم مرتما الى اسفل بسرعة مفروضة
 في وقت يساوي مجموع البين الذي يجتازه بحركة متساوية بهذه
 السرعة والبين الذي يسقط فيه الجسم من حال السكون بفعل
 الجاذبية في الوقت نفسه

لندل ا د (شكل ٢٢) على سرعة الرمي المفروضة و ا ب على الوقت



المفروض وكمل الشكل ا ي . ثم اخرج ب ي الى
 س واجعل ي س للدلالة على السرعة الناتجة عن
 الجاذبية في الوقت ا ب ا و د ي وارسم د س . فالجسم
 المتحرك بقوة الرمي فقط يسير بالاستمرار في بين يدل
 عليه بشكل ا ي في وقت ا ب . وانما المتحرك بالجاذبية

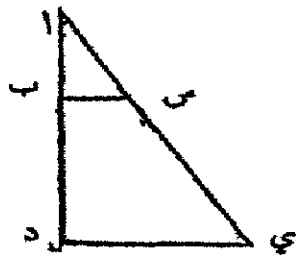
وحدها يمر في بين يدل عليه بثلاث د ي س (رقم ٦٩) . فالمتحرك بكليهما

معاً يدل على بينه الذي يسقط فيه بالمخرف ا س
 ٧٤ لنين ان الين يتغير كربع الوقت بطريقة جبرية فلنفرض س السرعة
 في اخر الثانية الاولى . فلان الجسم يتندي بالحركة من حال السكون تكون
 سرعته في اول الثانية الاولى صفراً اذا $\frac{s}{r} + \frac{s}{r} -$ معدل السرعة والوقت X
 السرعة - الين . فلنفرض الين في الثانية الاولى - ب فيكون لنا ب - X
 $\frac{s}{r} + \frac{s}{r} - \frac{s}{r}$ فتكون س - 2 ب . وانما اذا بطل فعل الجاذبية وتحرك الجسم
 بالاستمرار فقط في اخر الثانية الاولى او في اول الثانية الثانية تبقى سرعتها في
 اخرها س ولكنه يكتسب بالجاذبية في الثانية الثانية س ايضاً فتكون سرعته
 في اخرها 2 س . ولكن بما انه ابتدا فيها بسرعة س يكون معدل سرعته
 فيها $\frac{s}{r} + \frac{s}{r} - \frac{s}{r}$ اضرب هذه العبارة في الوقت وهو واحد يكون
 لنا الين في الثانية الثانية فتبقى $\frac{s}{r}$ وبالعويض عن س بقيمة 2 ب يكون
 الين فيها 2 ب اي ثلاثة اضعاف بين الثانية الاولى . وهكذا يبرهن ان
 الين في الثانية الثالثة خمسة اضعاف الاولى وفي الرابعة سبعة الخ وتكون
 الايمان على ترتيب هذه الاعداد الوترية $1^2 2^2 3^2 4^2 5^2 6^2 7^2 8^2 9^2 10^2$ الخ . ثم لان الين
 في الاولى - 1 وفي الثانية - 2 فيكون الين في الثانيةين معاً - 4 . وبما ان
 الين في الثالثة 5 اضعاف الاولى فيكون مجموع الثلاثة 9 . وهكذا يبين ان
 مجموع الايمان في الاربعة 16 وفي الخمسة 25 وهلم جرا ويكون ترتيبها هكذا
 $1^2 2^2 3^2 4^2 5^2 6^2 7^2 8^2 9^2 10^2$ الخ . فاذا الين يتغير كربع الوقت

٧٥ في كيفية استعمال الين والسرعة والوقت لاجسام ساقطة
 او صاعدة . لكي نجد الين الذي يمر به جسم صاعد اوهابط
 بقرب سطح الارض يقتضي ان يعرف الين الذي يمر به جسم
 في الثانية الاولى لكي يعتمد عليه . وقد وجد بالامتحان المدقق كما

سبق القول ان جسما ساقطاً في خلاء يمر في الثانية الاولى في عرض نحو ٤٠ بوصة = ١٩٢٠١٤ عقدة = ١٦٢٠٩٥ قدم والمعتقد عليه بين اهل الفن لمرور جسم في الهواء في الثانية الاولى هو ١٦ ١/٢ قدماً

شكل ٢٢



فلنفرض البين المدلول عليه بثلاث ا ب س هو البين المذكور . ا ب - آ وهي الثانية الاولى ج - ١٦ ١/٢ البين في الثانية الاولى المدلول عليه بثلاث ا ب س ج - ٢٢ ١/٢ السرعة في اخر الثانية الاولى المدلول عليه بخط ب س (رقم ٧٢)

ب - البين لوقت مفروض المدلول عليه بثلاث ا د ي
و - الوقت المفروض المدلول عليه بخط ا د
س - السرعة في اخر الوقت المفروض المدلول عليها بخط د ي
فمن مشابهة المثلثات لنا هذه النسب

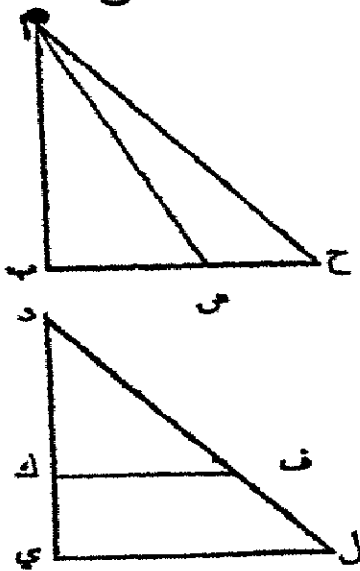
ب : ج :: و : آ	وبالتحويل	(١)	و = $\frac{٢٢}{١٦}$
ب : ج :: س : (ج)	.	(٢)	س = $\frac{٢٢}{١٦}$ ج ب
و : آ :: س : ج	.	(٣)	و = $\frac{٢٢}{١٦}$
و بتحويل	(١)	يكون لنا	ب - ج و
.	(٢)	.	ب = $\frac{٢٢}{١٦}$
.	(٣)	.	س - ج و

٧٦ اذا تغيرت قوة الجاذبية بسبب اختلاف علو الاجسام عن مركز الارض او بسبب هبوطها على سطح مائل كما سياتي او

غير ذلك يتغير البين كتغير القوة

ايضاح ذلك . ليسقط جسم من د قرب سطح الارض في بين يدل

شكل ٢٤



عليه بمثل د ي ل في ثانية واحدة يدل عليها
بخط د ي . فيكون خط ي ل دالاً على السرعة
في اخر تلك الثانية و $\frac{1}{2}$ ي ل - معدل السرعة
كما تقدم . ثم ليهبط الجسم من مكان اعلى مثل
ا بحيث تختلف قوة الجاذبية لاختلاف البعد
عن المركز . ولنفرض انه في ثانية واحدة مرّة
بين مدلول عليه بمثل ا ب س . فيكون ا ب
دالاً على ثانية واحدة و ب س على السرعة
الاخيرة . و $\frac{1}{2}$ ا ب س - معدل السرعة لهبوطه

من ا . اخرج ب س الى ح حتى يساوي ي ل واصل بين ا وح فلان
ا ب - د ي لكون كليهما يدلان على ثانية و ب ح - ي ل وزاوية ا ب ح -
د ي ل فمثلث ا ب ح - د ي ل . ثم البين ا ب س : البين ا ب ح او
د ي ل :: ب س : ب ح (اقليدس ق ١ ك ٦) اي ان البين يتغير مثل
السرعة مع بقاء الوقت في الحركة المتسارعة كما يتغير في الحركة المتساوية
(رقم ٦٢) والقوة تتغير كالسرعة مع بقاء الوقت والمادة في الحركة المتسارعة
كما في المتساوية (رقم ٦٦) لان بين الاولى نصف بين الثانية ابداً مع بقاءها
كما ان المثلث نصف المستطيل على قاعدة تساوي قاعدته (رقم ٧٢) والمثلث
والمستطيل المذكوران يتغيران كعلوها المحسوب سرعة فالقوة تتغير كالين
مع بقاء الوقت والمادة . وبما ان تغير المادة لا يجعل فرقاً بسرعة الاجسام
في الجاذبية (رقم ٦٨) فلا يلتفت الى تغييرها فالقوة تتغير كالين مع بقاء
الوقت

٧٧ ثم ان الوقت مع بقاء البين يتغير كجذر القوة بالقلب
 ارسم ك ف موازيًا ي ل (شكل ٢٤) بحيث يجعل مثلث د ك ف -
 اب س (اقل ق س ك ٦) فالجسم الساقط من د يدل على الوقت الذي فيه
 سقط بين د ك ف بخط د ك . ولكن المثلث د ي ل : د ك ف :: د ي :
 د ك كما تقدم او د ي ل : د ك ف :: د ي : د ك . ومن حيث ان
 د ي - اب وقت الجسم الهابط من ا و د ك وقت الجسم الهابط من د و
 د ك ف - اب س فبالتعويض في النسبة نصير د ي ل : د ك ف :: د ي :
 اب : د ك ف جذر الايان يتغير بالقلب كالوقت . وقد تقدم قبيل هذا ان
 القوة تتغير كاليين او جذر القوة كجذر البين . فاذا جذر القوة يتغير بالقلب
 كالوقت مع بقاء البين متساويًا للجسمين او القوة بالقلب كربع الوقت .
 وهكذا يبرهن اذا جعل بين الجسم الهابط من ا - د ي ل

سؤالات للتدوين

س^١ في كم من الوقت يقتضي يهبط جسم من علو ميل (٥٢٨٠ قدمًا)
 ويصل الى الارض ج ١٨٠١٢
 س^٢ بسرعة كم قدم في الثانية يجب ان بُرَحَ جسم لكي يصل الى علو ٢٠٠
 قدم ج ١١٣٠٤٣ قدم
 س^٣ اذا كانت سرعة جسم ٣٠٠ قدم في الثانية عند وصوله الى الارض
 ففي كم من الوقت يسقط ج ٩٠٣٢٦
 س^٤ اذا بقي المطر ساقطًا ١٢ بعد ظهور البرق الى ان وصل الى الارض
 فكم قدمًا يكون علو الغيم ج ٢٣١٦ قدمًا
 س^٥ اذا اطلقت رصاصة من بارودة بسرعة ١٢٥٠ قدمًا في الثانية فكم
 قدمًا تصعد ج ٢١٦٧ قدمًا و ٤ اميال
 س^٦ ان سقط جسم في نصف تانية الى الارض فما هي السرعة التي يضرب
 بها الارض ج ١٧١/٢ قدم في ا

س^٢ اذا سقط جسم من ا وعند وصوله الى ب سقط شكل ٢٥
 جسم اخر من س فاذا التقيا عند ل فما هي العبارة الجبرية
 لمعرفة س ل اذا فرض ا ب وب س
 لنفرض ا ب - د (شكل ٢٥) وب س - ج وس ل
 - ك فخط ال - د + ح + ك ووقت نزول جسم من س
 الى ل هو $\frac{ك}{ح}$ ونزول جسم من ا الى ل هو $\frac{د+ح+ك}{ح}$ ونزول
 الاول من ا الى ب - $\frac{ك}{ح}$ فيكون وقت نزوله من ب الى ل
 - $\frac{د+ح+ك}{ح} - \frac{ك}{ح}$ واما نزول الثاني من س الى ل
 فمساو وقت نزول الاول من ب الى ل فيكون لنا
 $\frac{د+ح+ك}{ح} - \frac{ك}{ح} = \frac{د}{ح}$ وبالتحويل ك - $\frac{ح}{د}$ اي ان
 الين الذي

يهبط فيه الجسم الثاني قبل ان يلتقيا يعدل مربع البعد بينهما اذ ابتدا الثاني
 بالسقوط مقسوماً على اربع مرات الين الذي نزل فيه الاول قبل ان سقط
 الثاني

شكل ٢٦

س^١ فاذا كان برج علوه من ب الى ي (شكل ٢٥) ٢٠٠٠
 قدم وعليه راية علوها ب ا - ٢٦ قدماً وفي البرج شباك عند
 س تحت سطح البرج ٤٤ قدماً واستط حجر من اعلى الاية
 وحين وصوله الى السطح استقط حجر اخر من الشباك فكم
 يكون علو مكان التقائهما عن اسفل البرج ج ١٢٧٠٢٨٥
 س سقط جسم من د ووقت بداءة سقوطه رمي جسم
 اخر من ب الى فوق لجهة د بسرعة تحمله الى ا والتقى في س
 فما هي العبارة الجبرية لمعرفة د س اذا فرض ا ب وب د
 لنفرض ا ب - ح وب د - ل وس د - ك فتكون
 ا د - ج - ل و ا س - ج - ل + ك ووقت السقوط من د

الباب الثاني

الى س - $\frac{ك}{ح}$ ووقت صعود الجسم الثاني من ب الى س - وقت سقوطه من الى ب الا وقت سقوطه من أ الى س - $\frac{ح}{ك} - \frac{ح}{ك} - \frac{ح}{ك} - \frac{ح}{ك}$ وإنما صعود الجسم الاسفل من ب الى س - هبوط الاعلى من د الى س لانهما ابتدا في وقت واحد فاذا $\frac{ك}{ح} - \frac{ح}{ك} - \frac{ح}{ك} - \frac{ح}{ك}$ وبالتحويل تصبح ك - $\frac{ل}{ح}$

س' على راس برج علوه ١٦٠ قدماً وضع عامود راية علوه ٥٠ قدماً وعند ما وقع جسم عن سطح البرج رُمي سهم بسرعة ترسله الى راس العامود فعلى كم قدم من سطح البرج يصيب السهم الجسم ج ٢٠٤٧٦ قدماً تنبيه . يفرض في القواعد السابقة ان الاجسام تسقط من اعالي قريبة الى سطح الارض . فاذا زاد البعد عن الارض تقل الجاذبية كازدياد مربع البعد فتقل القوة الناتجة عنها ولا يعود الجسم يهبط $\frac{١}{١٢}$ ١٦ قدم في الثانية الاولى من هبوطه وإنما على بعد قريب من الارض الفرق بقوة الجاذبية بزيادة العلو لا يشعر به فلا يلتفت اليه عند استعمال القواعد . لان الجاذبية على علونصف ميل من سطح الارض تنقص نحو $\frac{١}{٤}$ عنها على السطح (رقم ٣٢) واعلم ان اليين في سقوط الاجسام يساوي حاصل الوقت في نصف السرعة الاخيرة كما ان مساحة المثلث تساوي علوه في نصف قاعدته

الفصل الثالث

في تركيب الحركة وحلها

٢٨ اذا كانت القوة المحركة جسماً واحدة سميت حركته بالمفردة . واذا كانت اكثر من واحدة فاعلة على جهات مختلفة سميت

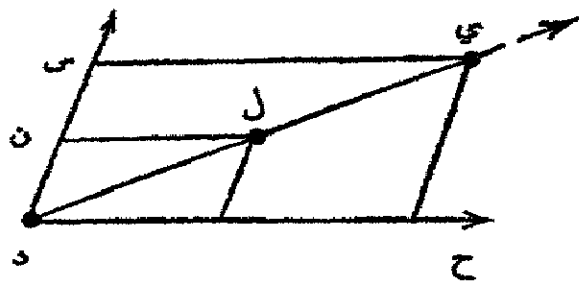
مركبة. ثم ان دامت القوة تحرك جسمًا بقوة الجاذبية سميت بالمتصلة والا فهي المنقطعة وان كانت الحركة على خطٍ مستقيم فهي المستقيمة والا فهي المنحنية. وقد تقدم الكلام على الحركة المفردة بقوة منقطعة كدفع جسم الى جهة ما وبقوة متصلة كقوة الجاذبية الفاعلة في جسم ساقط. واما القوتان الفاعلتان بجسم الى جهة واحدة او الى جهتين متقابلتين فهي كالقوة المفردة وسرعة الجسم الفاعلة هي به تساوي مجموع السرعات التي تحدثها كل واحدة بمفردها غير انه عند الجمع يجب الانتباه الى الايجاب والسلب لانه اذا كانت علامة قوة ايجابًا تكون علامة التي تقابلها سلبًا وبالعكس. ولان لننظر الى الحركة المركبة المسببة عن فعل قوتان متصلتان او منقطعتان الى جهات مختلفة

٧٩ اذا تحرك جسم بقوة منقطعة الى جهة ما فلا بد ان يتحرك بسرعة واحدة في خطٍ مستقيم كما اشرنا في الكلام على الاستمرار. وذلك لان القوة المحركة واحدة ولا تحركه الا الى جهة واحدة. ولان القوة تتغير كالسرعة مع نقاء الجسم على حاله يعبر بخط سرعة جسم فعلت فيه قوة عن القوة نفسها. واذا تحرك بقوتين منقطعتين الى جهتين مختلفتين وعبر عن القوتين بضلعي شكل متوازي الاضلاع كل منهما يدل على سرعة قوته في واحد من نفس نوع

الباب الثاني

الوقت فالجسم يجري في قطر ذلك المتوازي الاضلاع الذي يرسم من نقطة تقاطع الضلعين وذلك القطر عبارة عن سرعة قوة في واحد من ذلك النوع من الوقت وتلك القوة هي نتيجة القوتين المركبتين ولذلك تسمى القوتان مركبتين والقطر نتيجتهما

وليبيان ذلك لنفرض ان الجسم د فعلت به قوة في جهة خط د ح تحركه في ثانية واخرى دفعة في جهة د س بسرعة د س في ثانية فيما ان القوتين فاعلتان في د ح ود س



شكل ٢٧

لا يجري في د س ولا في د ح بل بينها في خط د ي بحيث يكون البعد د س على جهة د ح او على موازاته - د ح والبعد د ي ج على

جهة س د - س د لان القوتين قد اثرتا في حركته معاً . ثم لان الجسم يسير في نصف ثانية بالقوة الاولى في د ه الذي هو نصف د ح لا بد ان يصل الجسم في نصف ثانية الى ل بحيث يكون ل ن يوازي د ه ويساويه ول ه يوازي ن د الذي هو نصف د س ويساويه ايضاً . ون ه شكل متوازي الاضلاع ونسبة ن ل : ل ه :: س ي : ي ح فنقطه ل هي في القطر المستقيم د ي (اقليدس ق ٢٦ ك ٦) وهكذا اذا قسمنا د ح ود س الى اقسام صغيرة الى غير نهاية حتى يصير كل من الاقسام كنقطة فالجسم في كل نقطة يستمر متحركاً في د ي اي يسير في ثانية في قطر شكل متوازي الاضلاع ضلعاؤه المتواليان بناسبان سرعتي القوتين . وبنا لضرورة يمر في خط

دي في نفس الوقت الذي يمر في د ح بالقوة الاولى او في د س بالقوة الثانية
مها فرض الوقت

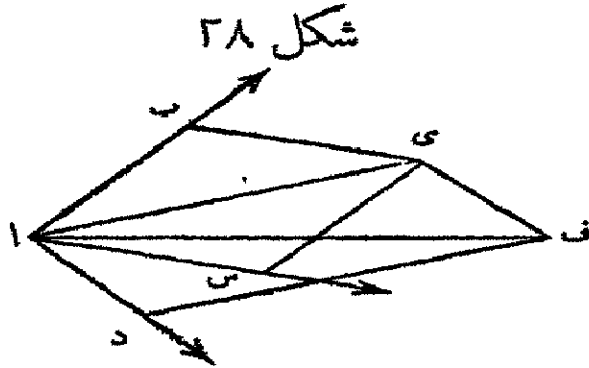
٨٠ لما كان د س و د ح (شكل ٢٧) خطين يدلان على القوتين
الحركتين في جهتي د س و د ح و د ح - س ي فالخطان د س و س ي
من مثلث د س ي يدلان ايضا على القوتين او سرعتيهما والزاوية د س ي
= ١٨٠° - س د ح والخط الثالث دي من المثلث المذكور د الأعلى الحركة
المركبة اذا دُل على سرعة قوة بخط مثلث وعلى سرعة اخرى بخط اخر
منه وتعينت كمال الزاوية بينهما فالجسم يتحرك بالخط الثالث من المثلث
اذا عدلت القوة د س القوة د ح (شكل ٢٧) فالجسم اذا يجري بالقوتين
ينصف الزاوية د بينهما لان س دي حيثئذ تساوي س ي د وهذه تعدل
ي د ح فاذا س دي - ي د ح

ثم من ذلك يبين ان الاجسام الارضية تجذبها الارض الى نحو مركزها .
لانه اذا توهمنا رسم سطح مستوي من جسم فوق الارض يقطعها الى نصفين
بمروره في مركزها ورسم خط فيه يمر بالمركز فالخط ينصف الدائرة القاطعة
الارض من السطح المذكور وجميع الدقائق في السطح على الجانب الواحد من الخط
تساوي الدقائق فيه على الجانب الاخر ولكل دقيقة على جانب الواحد دقيقة
واحدة فقط مثلها نابلها على الجانب الاخر على بعد واحد منه واذا رسم
خطان بين كل من والجسم فالزاوية بين خط المركز واحدها تعدل الزاوية
بينه وبين الاخر (انظر ق ٨ ك ٢) . ولما كانت الجاذبية تفعل على خطوط
مستقيمة فقوتا جذب كل دقيقتين للجسم على جانبي خط المركز تسيره بينهما
بحيث تكون الزاوية بين مسيره واحدها تساوي التي بينه وبين الاخرى فخط
مسيره هو الخط المار بالمركز

٨١ اذا فعلت في جسم ثلاث قوات او اكثر فالجسم يتحرك

في خط يتم الشكل الكثير الاضلاع اذا طالت بقية اضلاعه على
القوات المعينة مرسومة في الجهات المعينة للقوات

مثالة لنفرض ان جسماً عند ا فعلت فيه ثلث قوات ا ب عبارة عند
احداها واس اوب ي عبارة عن الثانية واد اوي ف عبارة عن الثالثة
فالجسم يتحرك في خط ا ف .



شكل ٢٨

ثم الشكل ب س وارسم القطر
اي فبا لقوتين ا ب واس يتحرك
الجسم في خط ا ي ويا اجتماع
اد مع اي ثم الشكل دي فالجسم
يتحرك في القطر ا ف (رقم ٧٩).

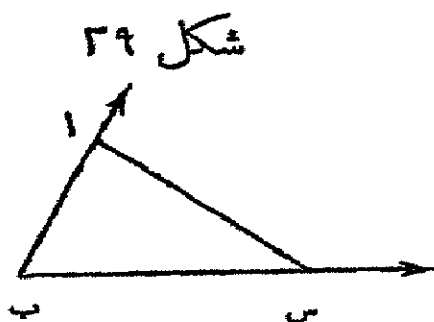
فقد دلّ بالخطوط ا ب وب ي و ي ف على القوات الثلاث وجهاتها فالجسم
تحرك في الخط ا ف الرابع من الشكل ذي الاربعة الاضلاع ا ب ي ف
وهكذا اذا كان الشكل ذا خمسة وما فوق

٨٢ اذا تحرك جسم بقوتين او اكثر في وقت واحد وفعلت
به قوة تعادل نتيجة القوتين او القوات وضد جهتها يسكن
الجسم . لانه بمضادة نتيجة القوات تضاد القوات جميعها وبما انه
يتساوى الضدان على جهتين متقابلتين تلاشي احداها الاخرى
وتكون الحركة صفراً اي لا يكون حركة . وبالنسبة اذا زادت
المضادة على جهة ضد نتيجة القوة يجري الجسم على جهة القوة
المضادة بمقدار الفرق بينهما او نقصت يجري على جهة نتيجة القوات

بمقدار الفرق بينها

مثالة اذا ضاقت قوة تساوي دي الناتجة من قوتي د س و س ي (شكل ٢٧) وعلى جهة ي د اي ضد جهتها فالجسم يسكن عند د لانه اذا تساوت القوتان المتضادتان فاحدهما تحق الاخرى فلا تظهر حركة. ومثل ذلك اذا ضاقت جسمًا عند ا (شكل ٢٨) قوة تساوي اف نتيجة الثلث قوت المذكرة هناك وضد جهتها فالجسم يسكن لما مر. وبالاجمال اذا غير باضلاع شكل مستقيم الاضلاع عن قوت تسلط على جسم وكانت احدها تضاد الجهة التي يقتضي ان تكون عليها لو كانت نتيجة بقية القوت يسكن الجسم. وبالنسبة اذا هدا جسم بثلاث قوت ورسم مثلث على جهاتها منها كانت اطوال اضلاع المثلث فتلك الاضلاع عبارة عن القوت ونسبة بعضها الى بعض كنسبة القوت بعضها الى بعض

٨٣ اذا فرضت القوتان المركبتان مع زاوية من زوايا المثلث الدال على المركبتين ونتيجتهما. او احدى المركبتين مع زاويتين منه تعرف النتيجة من حساب المثلثات



مثالة اذا فرضت قوتان او اس (شكل ٢٩) وزاوية باس وهي كمال الزاوية التي تجعلها اس مع اب عند ب تعرف باس النتيجة وجهتها اب س بحساب المثلثات. وهكذا اذا فرضت احدى القوتين المركبتين مع زاويتين تعرف النتيجة

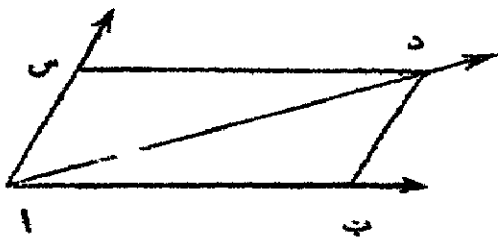
٨٤ اذا عينت القوت المركبة التي عددها يزيد على اثنتين وجهاتها تعرف النتيجة بحساب المثلثات

لأنه إذا فرض AB و BY و YF (شكل ٢٨) وزاوية ABY و BYF فيعرف خط AY الذي يدل على القوة الناتجة من قوتي AB و BY . ونستعلم زاوية BYA ثم من AY و YF وزاوية AYF التي تساوي BYF في M أي نستعلم AF نتيجة القوتين AY و YF أي إذا عرفت تلك قوتين وعرفت زوايا القوتين يعرف المخطط الدال على القوة الرابعة من الضلع الرابع من الشكل الكثير الاضلاع ذي الأربعة وهكذا العمل في كل شكل كثير الاضلاع فوق ذي الأربعة

١٥ اذا فرضت قوتان والزاوية بينهما θ فهاك عبارة خصوصية

لمعرفة نتيجتها

شکل ۲۰



لیکن اس عوض ق (شکل ۲۰)

احدى القوتين المركبتين و ا ب عوض
ق الاخرى و ا د - ن نتيجتها وزاوية
س ا ب - ح ثم بحساب المثلثات
والهندسة ا د - ا س + س د + ا د س

X میں انجاس د او

ن^١ - ق^١ + ق^٢ + ٣ ق^٣ بح اذا ن - ٤ (ق^١ + ق^٢ + ٣ ق^٣ بح ح)
اي ان نتيجة قوتين يفعلا ن عند نقطة واحدة تساوي الجذر المالى من مجموع
مربعي القوتين مع مضاعف حاصلها مضروباً في نظير جيب الزاوية بينها

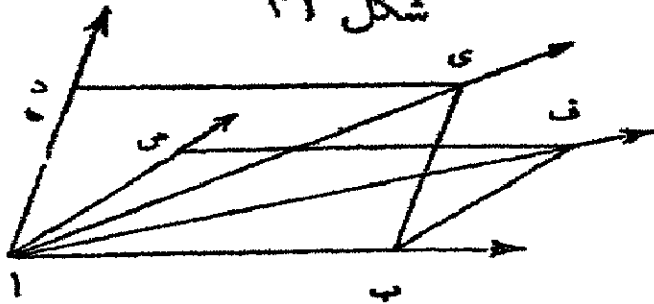
٨٦ ان اختلاف الزاوية بين قوتين مركبتين يغير قيمة

النتيجة فبازدیاد الزاوية من 0° الى 180° تنقص النتيجة من

مجموع المركبتين الى فضلتها

ففي هذا الرسم (شكل ٢١) لتكن $ا ب و د ا ب$ زاويتين مختلفتين

شكل ٢١



بين قوتين مركبتين لا يتغيران

اس (او ا د) و $ا ب$. ولما

كان $س ا ب$ اصغر من

$د ا ب$ فكما لها $ا ب$ ف اعظم

من $ا ب$ ي كمال $د ا ب$

فخط $ا ب$ اعظم من $ا ي$. واذا تناقصت $س ا ب$ الى ان تصل الى ٠° فالجانبان

$ا ب ب$ ف يصيران خطاً واحداً مستقيماً مجموعهما $ا ب$ واذا ازدادت $د ا ب$

الى ١٨٠° تقع $ي$ على $ا ب و ا ي$ حيثئذ يساوي الفضل بين $ا ب و ا س$.

ويصح ان تكون النتيجة اي كمية فرضت بين المجموع والفضل

٨٧ المرميات. اذا رُمي جسم بقوة في جهة غير عمودية على

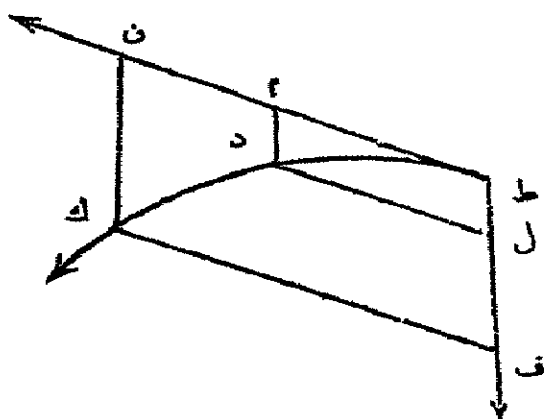
سطح الافق بان كانت الجهة موازية له او مائلة عليه تكون

حركته منحنية ويمر في خط شلجي

لانه بالاستمرار يتحرك بالقوة المنقطعة في خط مستقيم ولكن بقوة

الجاذبية المتصلة يبل في كل لحظة عن خط مستقيم فيمر في منحنى شلجي كما

شكل ٢٢



لنفرض جسماً رُمي من $ط$ بقوة

توصلة الى $ن$ في نفس الوقت الذي فيه

يصل بالجاذبية الى $ف$. كمل المتوازي

الاضلاع $ط ك$ فبالحركتين معاً

يصير الجسم اخيراً الى $ك$. لتكن $ت$

شارة عن وقت مروره في $ط$ ن او

لأنه إذا فرض ab و b ي و y ف (شكل ٢٨) وزاوية a ب ي و b ي ف يعرف خط $اي$ الذي يدل على القوة الناتجة من قوتي a ب و b ي. وتستعمل زاوية b ي a . ثم من $اي$ و y ف وزاوية $اي$ ف $ا$ التي تساوي b ي ف — b ي a تستعمل a ف نتيجة القوتين $ا$ و $اي$ ف. $اي$ ف $ا$ عينة ثلث قوتين وتعينت زوايا القوتين يعرف المخطط الدال على القوة الرابعة من الضلع الرابع من الشكل الكثير الاضلاع ذي الاربعة وهكذا العمل في كل شكل كثير الاضلاع فوق ذي الاربعة

١٥ اذا فرضت قوتان والزاوية بينهما θ فكعباها كعبا θ عبارة خصوصية

لمعرفة نتيجتها

لیکن اس عوض ق (شکل ۲۰)

احدى القوتين المركبتين و اب عوض
ق الاخرى و اد - ن تتجتمعا و زاوية
س اب - ح ثم بحسب المثلثات
و الهندسة ا د - اس - س د - ا د س

X س انجاس د او

ن - ق' + ق' - ٢ ق ق مخ ح اذ ان - (ق' - ق') - ٢ ق ق مخ ح
اي ان نتيجة قوتين ينفعلان عند نقطة واحدة تساوي الجذر المالمى من مجموع
مربعي القوتين مع مصاعف حاصلهما مضروباً في نظير حبيب الزاوية بينهما

١٦ ان اختلاف الزاوية بين قوتين مركبتين يغير قيمة

النتيجة فيازدياد الزاوية من ٠ الى ١٨٠ نقص النتيجة من مجموع المركبتين الى فضلتهما

ط ف و ت عبارة عن الوقت الذي يهضي لمروره في ط م فلانة مدة حركته
 في ط ن يتغير الوقت كالين ببقاء السرعة على حالها تكون
 ط ن : ط م :: ت ت أو ط ن : ط م :: ت : ت
 ولكن بحسب (رقم ٦٩) ط ف : ط ل :: ت : ت
 فاذا ط ف : ط ل :: ط ن : ط م
 أو ط ف : ط ل :: ك ف : د ل

إذا في هذا المنحني ط ف ∞ ك ف أي ان الفضلة تتغير كهرجع المعين
 بموجب حكم الشلجي . فالمنحني ط د ك شلجي احدا قطاره ط ف والمعدل
 لذلك القطر $\frac{ك ف}{ط ف}$ كما يستفاد من فن قطع المخروط . ولا يلتفت الى صد
 الهواء لضعه فصح صد الهواء يشعر بحركة الجسم المرمي في خط شلجي كما اذا
 رميت فتبسة في جهة غير عمودية على سطح الافق . ولكن اذا اريد التدقيق
 الكلي بحسب صد الهواء . ولا عبرة بتغير الجاذبية باختلاف قليل في العلو
 لما مر (رقم ٢٢) . واما البحث عن القواعد للجسام المرمية فلا يناسب
 المقام فتراجع في المطولات

٨٨ حل الحركة . في تركيب الحركات او القوات قد ذكرنا
 الطرق التي بها تعرف نتيجة القوات اذا فرضت تلك القوات
 المطلوب تركيبها . واما في حل القوات الان نلتفت الى الطرق
 التي بها نتوصل الى العكس اي الى معرفة القوات المركبة اذا
 فرضت النتيجة التي تتركب منها القوات

'ذ' سئل ما ه الثوتان الثتان تتركب منها النتيجة اب (شكل ٢٣)
 فعليا ان نصطع فقط متسا مها كان على اب قاعدة مثل اب س او

اب د. ثم ان كانت اس احدى المركبتين فالأخرى اف التي تساوي وتوازي س ب . وان كانت

اد احوالها فالأخرى أي تعدل
وتوازي د ب . وهكذا في أي
مثلك كان على القاعدة اب .
فعدد الأزواج التي نتيجة كل
زوج منها اب هو غير متناه

ثم لك ان تفرض جهتي المركبتين مهما شئت فتتعينان اي تتحصران في
كميتين مختصتين. ولكن يشترط في فرضها ان تكون الزاويتان مع اب
اقل من قائمتين. ولك ان تعين مقدار وجهة احدى المركبتين مهما تشاء
فتتعيّن الاخرى

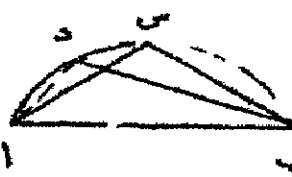
ولك ان تعين مقدار كل منهما كما نشاء بشرط ان لا يكون الفضل بينهما اعظم ومجموعهما اقل من النتيجة المروضة . وكل ذلك واضح من خصائص المنكث

ثم اذا انحلت قوة الى قوتين اخريين تحل كل من هاتين الى اثنتين ايضا وكل من هاتين الى اثنتين اخريين ايضا وهلم جرا . فمن ذلك يظهر ان قوة مفروضة قد تحل الى مركبات مهما كان عددها بمنتضى الاقوال السابقة في تعيين الجهة والمقدار

٨٩ اذا اردت ان تحل قوة مفروضة الى ازواج اقواتيين
ضلعي كل من الازواج زاوية مفروضة فارسم على القوة المفروضة
قطعة دائرة ترسم فيها كمال الزاوية

لتكن $ا ب$ القوة المفروضة (شكل ٢٤). وعلى $ا ب$ كوتر اصطنع

شكل ٢٤

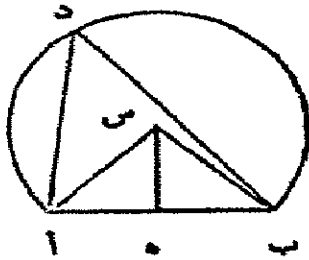


قطعة دائرة $ا د ب$ يرسم فيها زاوية تساوي كمال الزاوية المفروضة (اقل ٢٢ ك ٢٣). فمن ثم كل الأزواج المركبة التي تتم الشرط المذكور تعرف يرسم خطين من $ا$ و $ب$ الى أي نقطة من

نقط الخط المنحني مثل $ا د و د ب و ا س و س ب$ الخ. وأما كون القطعة يتنصفي ان تحتوي كمال الزاوية وليس الزاوية نفسها فلان الزاوية المفروضة تكون عند $ا$ بين $ا د$ وخط يوازي $د ب$ او $س ب$

ولكي نجد نصف قطر الدائرة التي فيها نرسم المركبتان لقوة $ا ب$ كما ترى

شكل ٢٥



(شكل ٢٥) اللتان بينهما زاوية مفروضة. اجعل

$ا ب - ت و ا د ب - ج$ كمال الزاوية المفروضة.

وارسم $ا س و ب س$ الى المركز $س$ وارسم $س ه$

عمودياً على $ا ب$. ثم $ا س ب - ٢ ح و ا س ه -$

$ح$ فاذا $ا ج ح : ا : ا س : ا س - ٢ ح ح$

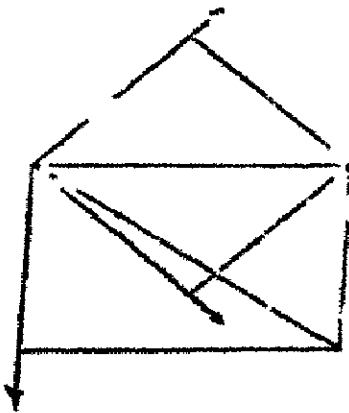
أي لنجد نصف القطر لدائرة القطعة المذكورة اقسم القوة المفروضة على مضاعف جيب الزاوية المفروضة بين المركبتين

مسائل منشورة

$س$ كرتة من عاج الم بها ضربتان في لحظة واحدة احدها تدفعها في جنة الشرق تماماً سرعة ٧١ ذراعاً في الثانية والاخرى في جهة الشمال الغربي تماماً سرعة ٤٨ ذراعاً في الثانية ففي اية جهة وبأية سرعة تحركت ج شمال ٢٠٠٥٢ ٤٧ شرق في السرعة - ٥٠٢٥٣ ذراعاً

من بلون صعد بسرعة ١٢٠ ذراعاً في الدقيقة وعشت به الريح فدفعته
 بسرعة ٢٧٠ ذراعاً في الدقيقة فابة زاوية يحمل خط ممره مع الخط المتسامت
 وكم هي سرعته في الثانية ج $١٦' ٢٨''$ السرعة - ١٩٤٦٥٩
 من سافر مركب من جزيرة من جزائر الهند الى جهة جنوب الشرق بجنوب
 (٤٥' ٣٣'') بسرعة ٦ اميال في الساعة ثم حمله البحر كان يجري في جهة
 الجنوب الغربي (ميلة على خط البحر $١٢\frac{1}{2}' ٦٤''$). وفي نهاية ٤ ساعات
 وصل الى مينا على شاطئ جافه ووجد الجزيرة المذكورة الى جهة الشمال
 المحض. مطلوب طول الخط الذي جرى عليه المركب خيفة وسرعة البحر
 ج الجريان - ٢٦٢٤ ميل السرعة - ٢٢٧٠٢٤

شكل ٢٦



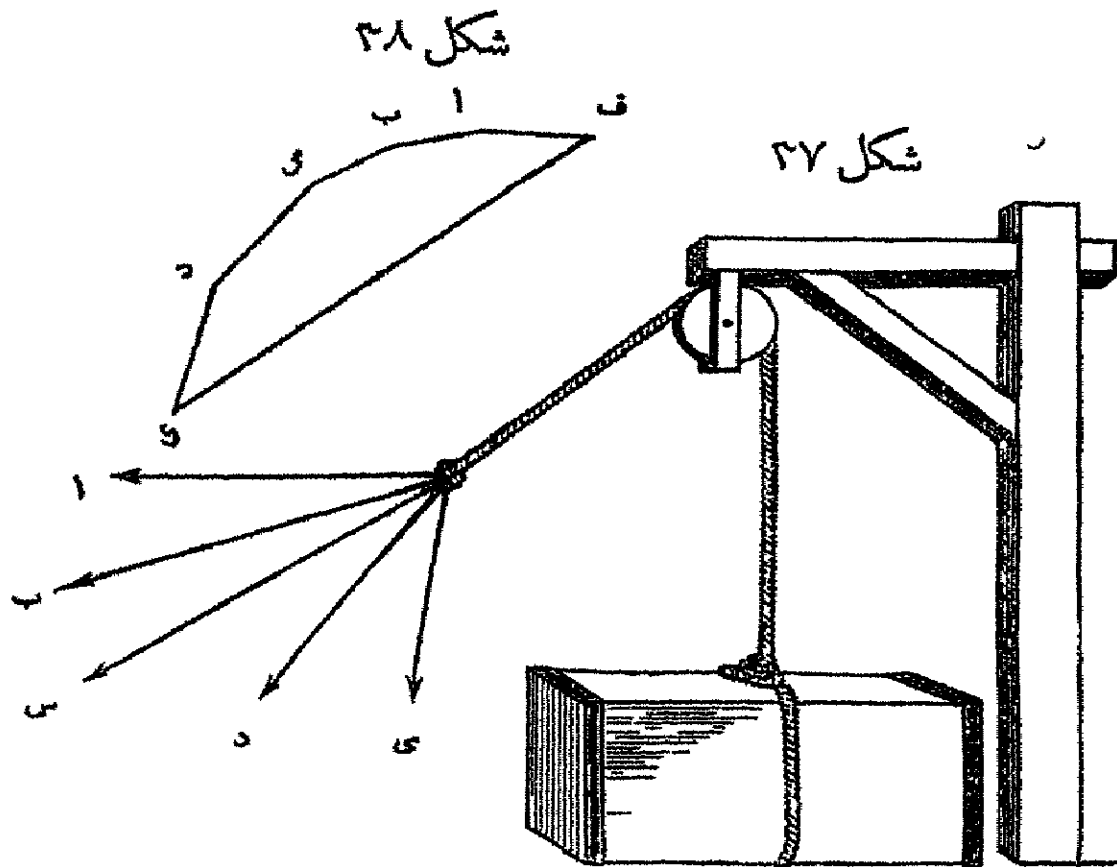
من ثلث قوت متساوية دفعت جما
 وكانت الاولى عمودية على الثانية وبين
 الثانية والثالثة زاوية ٤٥ فما هي جية النتيجة
 وما هي نسبتها الى احدى القوت الثلاث
 ج بينها وبين الاولى زاوية $١٦' ٨٠''$
 ونسبتها الى احدى القوت الثلاث :: ٢٦ : ١

من قارب قطع نهراً عرضه $\frac{1}{4}$ ميل في ٤٥ دقيقة والنهر يجري
 بمعدل ثلثة اميال فعلى اية زاوية يقتضي ان يدار القارب عن الخط العمودي
 الذي يقطع النهر بالعرض لكي ينطع عمودياً بالعرض وما هو معدل سرعة
 القارب في الساعة ج الزاوية $٢٤' ٧١''$ السرعة ٢٢١٦٢

من خمسة نوتة رفعوا ثقلاً بخمسة حبال مختلفة هي في سطح واحد متصلة
 بالمحبل المربوط بالثقل كما ترى في (شكل ٢٧). وب يسحب ويجعل مع
 زاوية ٣٠° . وس مع ب زاوية ١٩° . ود مع س $٢٠' ٢١''$. وي مع د

الباب الثاني

٢٥°. واوب وس يسحبون بقوات متساوية. ود وي كل منها مرة ونصف



احدى الثلاثة . مطلوب مقدار النتيجة وجهتها

ج زاويتها مع ا هي $١٠٠'٢٣''٤٦^\circ$ وكهينها $١٩٥٧'٥٤''١٠$ اصعاف ا
اصطع شكلاً مثل (شكل ٢٨) اضلاعه تناسب القوات وزاوية
ف ا ب - كمال الاولى وهم جراً واستعلم نتيجة القوات ي ف وزاوية ا ف ي
بحساب المثلثات

س مركب اتجه الى جهة في جريانه وبواسطة مجرى جرى الى جهة
اخرى فكان معدل سرعته ١٠ اميال في الساعة وميله على مجراه ٢٦°
ومعدل سرعة المجري ٨ اميال في الساعة فما هي زاوية ميل المجري عليه
ج $١٧'٤٧''٠٥$ او $٥٥'٤٢''١٢٣$

س^١ قوة تدفع جسماً ١٥ ذراعاً في الثانية مطلوب نصف قطر دائرة القطعة التي ترسم عليها وتحل القوة الى قوتين برسم اي خطين شئنا فيها بينها زاوية ١٢٠° ج ٩٢٧٩

الفصل الرابع

في مصادمة الاجسام

٩٠ مصادمة الاجسام هي ملاقات ومقاومة بعضها بعضاً بزخمها وفي ذلك تعتبر مرونة الاجسام وعدمها . اما الاجسام المرنة فهي ما تميل ان ترجع الى حالتها الاصلية اذا انضغطت او تغيرت هيئتها بضغط المصادمة او بطريقة اخرى بالقوة التي ضغطتها . وخلاف ذلك الاجسام العديمة المرونة ولا جسم مرن تماماً فترجع جواهره بنفس القوة ضغطته او خال منها بالكلية فيبقى ملامساً لجسم يصادمه . ويظهر ان مرونة النور والهواء والغازات قريبة جداً من التمام وان الرصاص والطين لكون مرونتها قليلة جداً يحسبان غير مرين . وسائر الاجسام تختلف درجة مرونتها بينها

٩١ ان صدم جسم غير مرن اخر غير مرن ساكناً او متحركاً الى نفس جهته بسرعة اقل من سرعة الاول يتحرك كلاهما معا بعد المصادمة بسرعة مجموع الزخمين على مجموع الجسمين

ليكن ل و ب جسمين وسرعتها \vec{L} و \vec{B} فيكون مجموع زخميهما $\vec{L} + \vec{B}$
 ب ب كما تقدم الكلام في الزخم (رقم ٦٤). لتكن سرعتها بعد المصادمة س
 فيكون زخمها معا حيث $\vec{L} + \vec{B}$ س فيكون $\vec{L} + \vec{B} = \vec{S}$ (ل + ب) X
 س وس - $\frac{\vec{L} + \vec{B}}{2}$ اي ان السرعة - مجموع الزخمين على مجموع
 الجسمين ان كان الثاني متحركا . فاذا كان الثاني ساكنا فلان سرعته تكون
 صفراً بموجب العبارة السابقة س - $\frac{\vec{L}}{2}$

٩٢ السرعة التي يخسرها الجسم الاول - حاصل الثاني X فضلة
 السرعتين + مجموع الجسمين والتي يكسبها الثاني - حاصل الاول X
 فضلة السرعتين + مجموع الجسمين

وذلك لان التي يخسرها ل - ل - س - ل - $\frac{\vec{L} + \vec{B}}{2}$ - $\frac{\vec{B} - \vec{L}}{2}$

والتي يكتسبها الثاني - س - ب - $\frac{\vec{L} + \vec{B}}{2}$ - $\frac{\vec{L} - \vec{B}}{2}$
 وان كان ب ساكنا تصير العبارتان $\frac{\vec{L}}{2}$ و $\frac{\vec{B}}{2}$

وان تساوى الجسمان تصير العبارتان في حال حركة الجسمين $\frac{\vec{L} - \vec{B}}{2}$
 لخسارة الاول او مكسب الثاني . وفي حال سكون الثاني تصير عبارة خسارة
 الاول او مكسب الثاني - $\frac{\vec{L}}{2}$ اي نصف سرعة الاول

٩٣ اذا تصادم جسمان متحركان الى جهتين متقابلتين تكون
 السرعة بعد المصادمة = فضلة الزخمين قبل مقسومة على مجموع
 الجسمين

وذلك لان الزخم بعد المصادمة - فضلة الزخمين قبلها اي ل ل -
 ب ب - (ل + ب) X س وس - $\frac{\vec{L} - \vec{B}}{2}$
 والسرعة التي يخسرها الجسم الاول - حاصل الثاني X مجموع السرعتين

مقسوما على مجموع الجسمين لانها - ل - س - ل - $\frac{ل(ل-ب)}{ل+ب}$ -

والسرعة التي يربحها الثاني - حاصل الاول \times مجموع السرعتين على مجموع الجسمين لانها - $\frac{ل(ل-ب)}{ل+ب}$ - (- ب) - $\frac{ل(ل-ب)}{ل+ب}$ + ب - $\frac{ل(ل+ب)}{ل+ب}$

ومن كل ذلك يتضح ان ما للجسمين من الزخم بعد المصادمة يجب ان يتقسم على مجموع مادتهما ابدأ لتعرف السرعة وبما ان الزخم كناية عن القوة فيطابق هذا القول ما قيل في القوة وهو انه اذا فعلت قوة في جسم فانها تفرق على كل مادته لكي تكسبه السرعة

في المصادمة الى جهتين متقابلتين عبارة السرعة تصير صفراً اذا كان ل - ب - ب ولكن تكون والحالة هذه نسبة ل : ب :: ب : ل . فاذا ان كانت سرعتنا جسمين بالقلب كمقدارهما يسكان بعد المصادمة

مسائل منشورة

س^١ وزن ل - ٢ ارطال وسرعة - ١٠ اقدام كل ثانية ووزن ب رطلان وسرعة ٢ اقدام كل ثانية مطلوب سرعتها بعد المصادمة الى جهة واحدة ج ٧١٪ اقدام كل ثانية

س^٢ ل - ٧ ارطال وسرعة ١١ قدماً كل ثانية صادم ب ساكناً وزنه ١٥ رطلاً فما هي السرعة بعد المصادمة ج ٣ ١/٢ قدماً كل ثانية

س^٣ وزن ل - ٤ ارطال وسرعة ٩ اقدام كل ثانية وزن ب رطلين وسرعة ٥ اقدام تحركا الى جهتين متقابلتين مطلوب السرعة بعد المصادمة ج ٤ ١/٢ قدماً كل ثانية

س^٤ ل - ٧ ارطال وسرعة - ٩ وب - ٤ وسرعة - ٢ تحركا الى

جهة واحدة فكم من السرعة خسرها لـ وكم من السرعة اكتسبها بـ

ج خسارة ١ - $\frac{2}{11}$ ومكسب ب $\frac{4}{11}$

س^١ تحرك جسم بسرعة ٧ اقدام كل ثانية وصادم آخر متحركاً الى الجهة المتقابلة بسرعة ٢ اقدام كل ثانية فبحسب نصف زخمه فما هي نسبة احدها الى

الآخر ج ١ : ب :: ١٣ : ٧

س^٢ وزن ل - ٦ ارطال ووزن ب - ٥ ارطال تحرك ب بسرعة ٧ اقدام كل ثانية الى جهة ل وبالمصادمة تضاعفت سرعة ب فما هي سرعة ل قبل المصادمة ج $\frac{19}{6}$ قدماً كل ثانية

٩٤ اذا صادم جسم مرناً آخر مرناً تكون خسارة الاول مضاعف ما يخسره لو كان غير مرناً ومكسب الثاني كذلك

وذلك لان الجسم بمرورته يعود الى حالته الاولى بقوة تساوي القوة او الزخم الضاغط . وذلك لان انضغاط الجسم المرن قد لاثنى زخم مصادمه فسكنه بدوام مقاومة جواهره المنضغطة اياه منذ لامسه الى حين سكونه فبرجوع المصادم من حال السكون يكتسب الزخم نفسه بدوام نفس مقاومة الجواهر بالرجوع الى هيئتها . وذلك يشبه الجسم المرني الى اعلى بقوة لان الجاذبية تبقى تضاده الى ان ينتهي الى علو يكتسب بالجاذبية نفسها برجوعه منه الى الارض تلك القوة التي رُمي بها . فاذا تصادم جسمان متساويان غير مرنين مثلاً فان الثاني يكتسب ما يخسره الاول بتفريق الزخم . ولكن ان تصادم كرنا عاج متساويان على افرض كون العاج مرناً تماماً فالجسم الاول لا يخسر ما يكسبه للثاني فقط بل بمرورته الثاني تضاعف خسارته وبمرورته الاول تضاعف مكسب الثاني كذلك . فينتج لنا من ذلك قاعدة عمومية لمعرفة السرعة لمصادمة الاجسام المرنة وهي

استعلم خسارة الجسم الاول ومكسب الثاني كما لو كانا غير مرنين ثم ضاعف الخسارة واجمع الضعف الى سرعة الاول قبل المصادمة فيكون لك سرعته بعد المصادمة . ثم ضاعف مكسب الثاني واضف المضاعف الى سرعته كذلك فيكون لك سرعته تنبيه . يجب في ذلك الانتباه الى الايجاب والسلب فما حسبت من السرعة الى جهة ايجاباً فاحسب ما الى جهة تقابلها سلباً وان حسب المكسب ايجاباً فاحسب الخسارة سلباً

فيوجب القاعدة المذكورة ومراعاة (رقم ٩٢ و ٩٣) تصير

$$\begin{aligned} \text{اذا تصادم الجسمان سائرين الى جهة واحدة سرعة ل - ل} &= \frac{ل(ل-ل) + ل(ل-ل)}{ل+ل} \\ \text{وسرعة ب - ب} &= \frac{ل(ل-ل) + ل(ل-ل)}{ل+ل} \\ \text{واذا تصادم سائرين الى جهتين متقابلتين سرعة ل - ل} &= \frac{ل(ل-ل) + ل(ل-ل)}{ل+ل} \\ \text{وسرعة ب - ب} &= \frac{ل(ل-ل) + ل(ل-ل)}{ل+ل} \end{aligned}$$

وتحويل هذه العبارات نستخرج سرعات الاجسام المرنية بعد المصادمة

$$\begin{aligned} (١) \text{ الى جهة واحدة سرعة ل} &= \frac{ل(ل-ل) + ل(ل-ل)}{ل+ل} \\ (٢) \text{ ب} &= \frac{ل(ل-ل) + ل(ل-ل)}{ل+ل} \\ (٣) \text{ جهتين متقابلتين ل} &= \frac{ل(ل-ل) + ل(ل-ل)}{ل+ل} \\ (٤) \text{ ب} &= \frac{ل(ل-ل) + ل(ل-ل)}{ل+ل} \end{aligned}$$

٩٥ اذا تصادم جسمان مرنان متساويان يتبادلان في السرعة اي ان كلاً منهما ياخذ التي كانت للآخر اصلاً

فان كان ل - ب فالعبارة (١) تصير ب - ل والعبارة (٢) تصير ل - ب . اي ان ل تحصلت له سرعة ب وب سرعة ل . وذلك يصح فيما اذا تصادما في جهة متقابلة . لانه ان كان ل - ب فالعبارة (٣) تصير ب - ل

التي كانت سرعة ب' الأصلية والإعبارة (٤) "تصير ل السرعة التي للجسم.
ل اصلاً. فإذا ا إذا كانت حركتا الجسمين المرين المتساويين في جهتين
متقابلتين فالمصادمة ترجع كلاً منها وفي الرجوع + ل يصح - ب و - ب
يصير + ل

وان حولنا العبارات الاربع المذكورة باعتبار ان ل - ب وب ساكن
تحصل المبادلة المذكورة نفسها لان العبارة (١) تصير صفراً والعبارة
(٢) تصير ل وهكذا العبارة (٣) تصير صفراً والعبارة (٤)
تصير ل

٩٦ اما مصادمة الاجسام المرنة غير المتساوية فسنضع لها

ثلاث ملاحظات

١ اذا صادم جسم مرّن اخر مرّن اصغر ساكنًا فالمصادم يبقى سائرًا الى قدام ولكن بسرعة اقل والمصادم يسبقه بسرعة اعظم مما كانت للمصادم اولًا. لان العبارة (١) تصير $\frac{L_1 + L_2}{2}$ التي هي ايجاب وانما اصغر من L_1 . فاذا بقي المصادم متقدمًا في سيره ولكن بسرعة اقل من قبل. واما العبارة (٢) فتصير $\frac{L_1 - L_2}{2}$ وهي اعظم من L_1 . فاذا ب يسير بعد المصادمة اسرع من L_1 قبلها

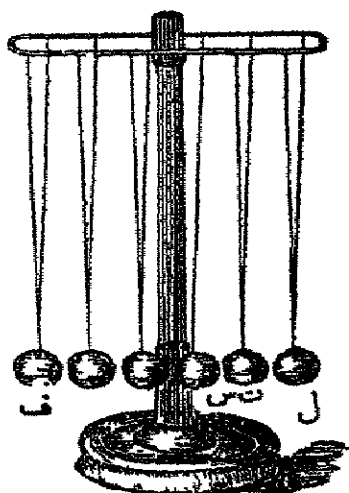
٢ اذا صادد جسم مرن اخر مرن اكبر منه ساكنًا يرجع عن مسيره والآخر يسير متقدمًا وانما بسرعة اقل من التي كان المصادم سائرًا بها . وذلك لان $\frac{L}{L+B}$ هي سلب و $\frac{L}{L+B}$ هي اقل من ل

٣ إذا تصادم جسمان مرنان في جهتين متقابلتين لهما سرعتان متساويتان
وسكن أحدهما فمقداره ثلاثة أضعاف مقدار الآخر. لأنه لما كانت السرعتان
متساويتين فالعبارة (٢) تصير $\frac{ل(ل-ب)}{ل+ب} = ل$ أي $ل(ل-ب) = ل(ل+ب)$
 $ل-ب = ل+ب$

٩٧ ان التجربة توضح لنا بكل ما قيل في الاجسام المرنة لانه اذا اخذت اجسام مرنة وجعلنا احدها يصادم الاخر بحسب الاحوال المذكورة سابقا نظهر لنا صحة ما قيل في كل حال . واذا تذكرنا بعض ملاعب الاولاد نتأكد ذلك ايضا لانه في لعب الكرة اذا انصبت كرة اللاعب بعد دفعها اياها بقوة شديدة باصبعه على كرة رفيقه الساكنة التي قصد ان يصيبها فالكرة الثانية نفر بسرعة وتستقر الاولى في مكانها . وهكذا في لعبة الخوط نوع من لعب الكعاب الكعب الذي يصدم صف الكعاب المضروب يدفع الذي يصيبه ويستقر مكانه

٩٨ اذا تعلق اجسام مرنة حتى تكون في صف واحد مستقيم وصادم الجسم على احد الطرفين بقية الصف يرسل زخمة الى الجسم على الطرف الاخر ويفعل به بواسطة الاجسام المتوسطة . ولا يخلو اما ان تكون الاجسام متساوية او متناقصة او متزايدة ولننظر الان الى هذه الاحوال الثلاثة

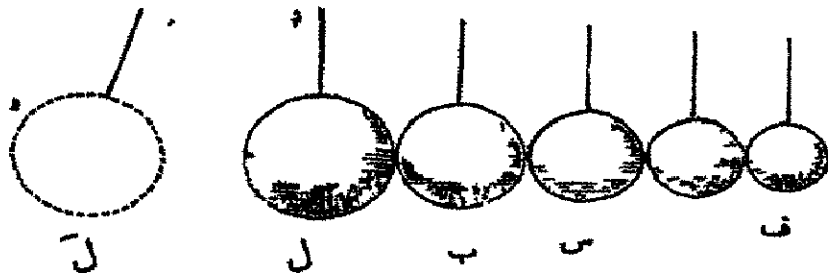
شكل ٢٩



١ لتكن ل ب س ... ف اجساماً مرنة متساوية معلقة حتى تكون في صف مستقيم يماس احدها الاخر كما في (شكل ٢٩). ثم اذا رُفع ل الى خلف وترك ليقع على ب يسكن بعد المصادمة ويبقى ب ساكن . وب يميل ان يسير بسرعة (رقم ٩٥) . وبعد مصادمة ب للجسم الذي بعده س يهدأ ب ويبقى س ان يتحرك بتلك السرعة نفسها وهكذا ترسل الحركة في الصف الى آخره وف تزول من مكانها اذ يبقى سائر الصف ساكناً

٢ الاجسام المتناقصة مثل ل ب س الخ اذا رُفع ل منها الى ل كما في (شكل ٤٠) وترك ليستقط على ب فحسب (رقم ١٦) يبقى متحركاً الى قدام اذ يكتسب ب سرعة اعظم من سرعة ل الاصلية وس يكتسب سرعة اعظم الخ

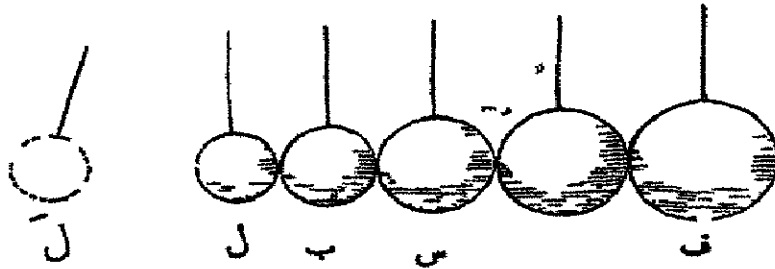
شكل ٤٠



فالجسم الاخير في الصف يتحرك اذا باعظم سرعة وكل من الصف بسرعة اعظم ما لمصادمه

٣ اذا كانت اجسام متزايدة في صف مثل ل ب س الخ (شكل ٤١) فان سقط ل من ل على ب يكتسب سرعة اقل مما كانت له ويفر راجعاً

شكل ٤١



(رقم ١٦). وعلى هذا الاسلوب ب يرجع عن س وهم جراً اذ يسير الاخير من الصف متقدماً بسرعة اقل من السرعة التي تكون لسابقه لو كان اخيراً

ان كانت الاجسام في (شكل ٤٠) على سلسلة هندسية فسرعة الاول الى سرعة الاخير هي مثل ١ : $(\frac{r}{f} + 1)^{n-1}$ اذا حسب ف تناسب

لكن السلسلة ل ف ل ف ل ف... ل ف ع^١ اذا كانت ع عدد
الحلقات فحسب (رقم ٩٦) اذال صادم ب ساكناً فسرعة ب تكون

$$\frac{ل}{ل+ب} - \frac{ل}{ل+ل} - \frac{ل}{ل+ل} - \frac{ل}{ل+ب} = ب$$

$$\frac{ل}{ل+ب} - \frac{ل}{ل+ل} \times \frac{ل}{ل+ل} = \frac{ل}{ل+ب}$$

ايضاً سرعة س هي $\frac{ل}{ل+ب}$ فالسرعات المتتالية هي ل $\frac{ل}{ل+ب}$ الخ . فيظهر من ذلك
ان اية حلقة في السلسلة تعرف بضرب السرعة الاصلية في ٢ مرقي الى قوة
اقل من عدد الحلقات بواحد وقسمة الحاصل على ١+ف مرقي الى تلك القوة.
وبالنتيجة الحلقة الاخيرة هي $\frac{ل}{ل+ب} \times \frac{ل}{ل+ب} \times \frac{ل}{ل+ب} \times \dots$

$$\frac{ل}{ل+ب} \times \frac{ل}{ل+ب} \times \frac{ل}{ل+ب} \times \dots = 1$$

٩٩ اذا صادم جسم غير مرن حائطاً غير مرن وخط مسيره
عمودي عليه يسكن عند الحائط لان الحائط يصادمه بنفس
زخمه . واذا صادم جسم مرن حائطاً مرناً يرجع بالقوة او الزخم
الاصلى الذي كان له قبل المصادمة

وليان ذلك لنفرض الجسم ل صادم ب بسرعة ما وس يعدل الجسم
ل ويتحرك بسرعه وقد صادم الجسم ب ايضاً من جهة متقابلة في نفس الوقت
شكل ٤٢

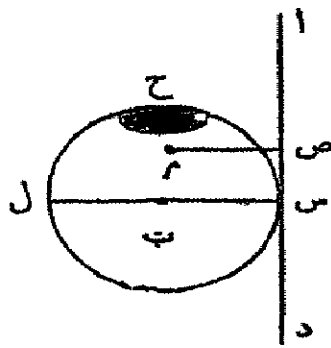


الذي صادمه ل فان الجسمين ل وس يثبتان على جانبي ب ويضغط كل
واحد منها عليه بمقدار زخمه وهو يضغط على الاخر بمقدار ذلك . وذلك لان
المتوسط ب ليس الا واسطة لا يصال زخم ل الى س في الجهة المتقابلة وزخم س

الى ل كما رايت (رقم ١٨) وبما ان الجسمين متساويين تكون (رقم ١٢)
السرعة بعد المصادمة س - ل ل - ل ل - ل - . فتكون حركتها بعد المصادمة
صفرًا اي لا حركة لها ويكون ب ثابتًا. فاذا فرضنا ب حائطًا ثابتًا عموديا
على خط مسير الجسمين ليهر في نقطة تماسها وقوة ثبوته تكفي او تزيد زخم
ل وصادمه ل يسكن عنده ويصد الحائط بثبوته بقوة او زخم يعادل زخمه
ويضغط كل منهما على الآخر بقدر زخم ل. ثم اذا فرضنا ل والحائط الثابت
عند ب جسمين مرين يرجع ل بروتو بالقوة ا و السرعة التي كانت له
نفسها (رقم ١٤)

١٠٠ اذا صادم جسم كروي غير مرن حائطًا ثابتًا مستقيماً
يقع الخط من مركز ثقله الى نقطة الماسة عمودياً على الحائط سواء
كان الحائط عمودياً على جهة مسيره ام لم يكن

ليصادم الجسم الكروي ب الحائط اس دسائرًا في جهة الخط ل س
او في خط اخر فان كان ذا كثافة واحدة فمركز
ثقله مركز الجسم نفسه وواضح ان الخط من مركزه
ب الى نقطة الماسة حيثئذ عمودي على الحائط. وان
كان جانبة ح اكثف من بقية اجزائه حتى يصير
مركز ثقله عندهم مثلاً فاذا رسمنا م ص على جهة ل س
يقع خارج نقطة الماسة ويدور الجسم حيثئذ حتى يمر



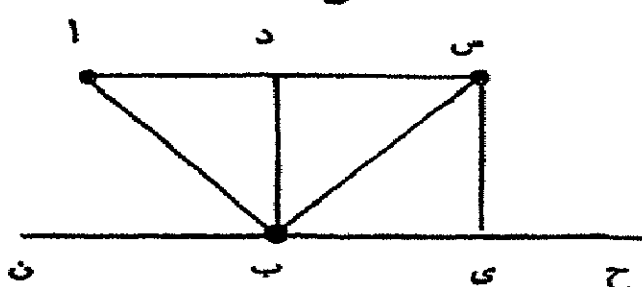
الخط ب س من مركزه الى نقطة الماسة بمركز الثقل م. وذلك لان الخط
ل ب س مع ان ب مركز مساحة الجسم لا ينصف مادته لعدم مروره بمركز
الثقل منتصف المادة (رقم ٤٩) ولان الجانب ل ح س سرعته سرعة الجانب
الاخر من الجسم ومادته تزيد على مادته يغلب زخمه عليه فيدور حتى

يصير مركز الثقل في الخط $ب س$ وإذا فاته بالاستمرار يرجع اليه بعد عدة خطرات . فحكمة حكم الجسم المستدير الذي يوضع على سطح افقي ومركز ثقله ليس في الخط المسامت تحت نقطة التعليق (رقم ٥٩)

١٠١ اذا صادم جسم مرن تام المرونة متساوي الكثافة حائطاً تكون زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتين

لنفرض الجسم ا غير مرن متساوي الكثافة صادم الحائط ح ن في

شكل ٤٤



النقطة ب بالسرعة اب وهي عبارة عن القوة التي تحركه .

فبعد مصادمته الحائط لا

يرجع لكونه جسماً غير مرن

ولا يقف لكونه لا يصادمه

في جهة عمودية (رقم ٩٩) بل يسير في جهة ب ح . حل القوة اب الى

القوة ب د العمودية على الحائط ضغط الحائط على الجسم او الجسم عليه (رقم

١٠٠) والى د ا على موازاة الحائط فالجسم يسير في الخط ب ي الذي

يعدل ا د في وقت مسير الى ب

ثم اذا فرض ا مرناً فمرونته ترجعه من ب الى د في وقت مسيره من

ب الى ي وبالتين يجري في خط ب س قطر المتوازي الاضلاع د ي (رقم

٧٩) . ثم لان د س = د ا لكون كلاهما يساوي ب ي و د ب مشترك بين

المثلثين ا د ب س د ب وزاوية س د ب = ا د ب فالمثلثان متساويان

وزاوية اب د التي تعرف بزاوية الوقوع تساوي د ب س المعروفة بزاوية

الانعكاس . وقد تسمى اب ن زاوية الوقوع وس ب ي زاوية الانعكاس وهما

متساويتان ايضاً كما لا يخفى

١٠٢ ينتج مما تقدم انه اذا طأدم الجسم حايطاً مستقيماً وجرى على هذا الناموس اي اذا كانت زاوية الوقوع له بعد المصادمة تساوي زاوية الانعكاس فهو تام المرونة ولذلك نحكم ان جواهر الهواء وسائر الغازات والنور تامة المرونة او مرونتها قريبة جداً من التام لان الصوت الناتج عن ارتجاجات الهواء اذا صادم سطحاً وانعكس عنه تكون زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس له متساويتين كما سيأتي في السماعيات. وكذلك زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس للنور اذا انعكس عن سطح املس يلاحظ انها متساويتان تماماً كما سيأتي في البصريات

ثم لان بعض الاجسام كالعاج والعظم غير تامة المرونة فلا تنعكس على هذا الناموس تماماً لانه اذا صدمت كرة من عاج سطحاً مرناً فزاوية الانعكاس لها تختلف عن زاوية الوقوع لانها اذا كانت غير تامة المرونة لا ترجع بنفس القوة التي صدمت السطح بها فيصغر د ب حيثئذ مع بقاء ب ي اود س (شكل ٤٤) فتكبر زاوية د ب س وتفتوت المساواة لزاوية ا ب س

١٠٣ ويظهر ايضاً من (رقم ١٠١) انه اذا ضادت قوة غير عمودية جسماً تؤثر فيه فقط بمقدار قوة يعبر عنها بخط بين الجسم وعمودي من طرف خطها غير الملاقى الجسم على خط مسيره لانه اذا ضادت قوة مثل س ب الجسم ب جارياً او ساكناً مجذوباً الى جهة ب ج فانها تضاده بمقداري ب لان القوة س ب - اب وي ب -

دا . ولا يخفى انه اذا كان ب سائراً أو ساكناً مجذوباً الى جهة ب ح بقوة تساوي ب ي يسكن او تنزل القوة الجاذبة له بقوة س ب او بقوة اعظم او اقل من ب ي فيجري في جهة ب ح او ب ن بقدر الفرق بقوة س ب

١٠٤ ان من احسن اعتباره في كل ما قيل في المصادمة لا يخفى عليه ان كلاً من الجسمين المتصادمين يؤثر في الآخر ويتأثر منه . لان الجسم غير المرن بمصادمته اخر يكسبه زخماً ويخسر من زخمه بمصادمة الآخر له اذ يغير الاول استمرار الثاني سواء كان الثاني ساكناً او متحركاً وهكذا يقال في الاجسام المرنة . ومثل ذلك اذا صادم رجل حائطاً برفسه اياه برجليه يرجع اليه من الحائط نفس الزخم الذي صادمه به لثبوته (رقم ٩٩) فيصبح خاسراً ولا يمكنه ان يضر الحائط بل انما يضر نفسه . وكذلك اذا جذب رجل حبلاً مربوطاً بعمود ثابت . فالقوة لسبب ثبوت العمود ترجع الى الحبل ويجذب الرجل فينسحب هو الى قدام بذات القوة التي جذب بها الحبل وقس على ما ذكر ما لم يذكر . ويعبر عن تأثير المصادم بالمصادم عند الطبيعيين بالفعل وعن تاثير الاول من الثاني بالانفعال او رد الفعل فلا بد في كل مصادمة من فعل وانفعال معاً ولا يكون الاول دون الثاني ولا الثاني دون الاول

مسائل على الاجسام المرنة

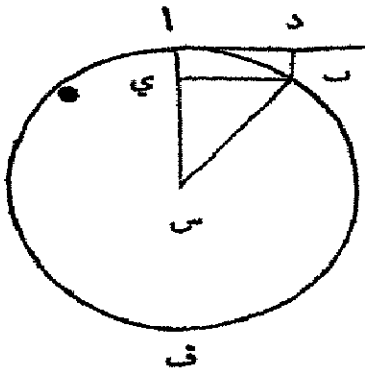
س١ وزن ل ١٠ ارطال يسير اذرع في الثانية صادم ب الذي
ورثة ٦ ارطال ويسير في نفس جهة ل بسرعة ٥ اذرع في الثانية فما هي سرعة
ل وب بعد المصادمة ج سرعة ل - $\frac{5}{4}$ وسرعة ب - $\frac{8}{4}$
س٢ ل : ب :: ٤ : ٣ والجهة واحدة والسرعتان مثل ٥ : ٤ فما هو
تناسب سرعتيهما بعد المصادمة ج ٢٦ : ٢٩
س٣ وزن ل ٤ ارطال وسرعة ٦ لاقى ب الذي وزنه ٨ ارطال
وسرعة ٤ مطلوب سرعة كل وجهته بعد المصادمة
ج ل فرّ راجعاً بسرعة $\frac{7}{2}$ وب سار في جهة مسيره بسرعة $\frac{2}{2}$
س٤ ل وب يتحركان في جهتين متقابلتين ول - ٤ ب وب - ٢ ل
فكيف يتحرك الجسمان بعد المصادمة
ج ل يرجع بخمس سرعته الاصلية وب يسير بسرعة $\frac{2}{5}$ اسرعته الاصلية
س٥ ١٠ اجسام تزداد مقاديرها على سلسلة هندسية بتناسب هندسي
٣ والاول يصدم الثاني بسرعة ٥ اذرع كل ثانية . مطلوب سرعة الجسم
الاخير ج سرعة $\frac{5}{12}$

الفصل الخامس

في قوة التبعاد عن المركز

١٠٥ اقوة التبعاد عن لمركز هي تلك القوة التي تجذب جسماً
متحركاً في دائرة الى جهة تقابل جهة مركز تلك الدائرة من الجسم

اذا تحرك جسم في خط مستقيم ثم رُدَّ عن خط حركته لكي يتحرك في دائرة تكون حركته نتيجة حركتين مركبتين



شكل ٤٥

احداها منقطعة والآخرى متصلة . ليتحرك جسم من ا في جهة ا د بقوة تسيره الى د ثم ليحذب الى جهة المركز س لكي يتحرك في دائرة ا ب ف بقوة متصلة توصله الى ي في نفس وقت وصوله الى د فيجري الجسم في القوس ا ب قطر د ي المتوازي الاضلاع نتيجة القوتين

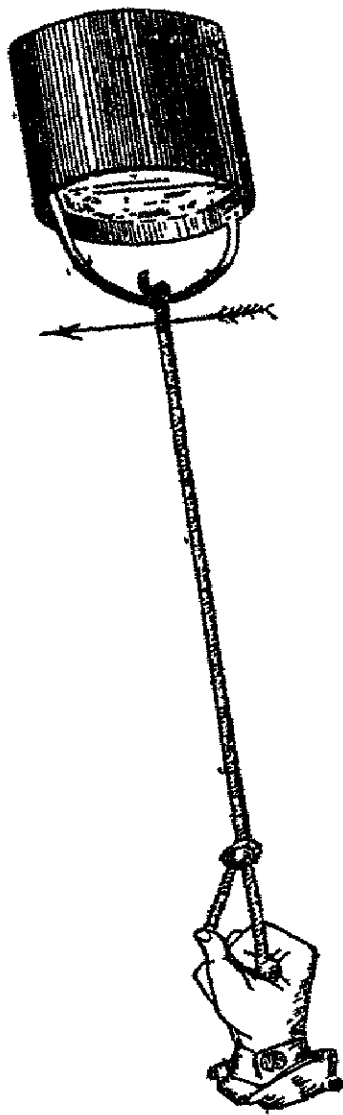
في ذلك الوقت نفسه (رقم ٧٩) . ولا يخفى انه بالقوة ا ي قد جذب الجسم عن استمرار جريانه في خط ا د الى جهة المركز فبرد الفعل (رقم ١٠٤) بضاد تلك القوة بقوة تساويها تجذبه الى خلاف جهة المركز سواء كان معلقا بشي ثابت كسمار عند المركز س ام لم يكن معلقا وادبر بقوة الى جهة المركز . فالقوة برد الفعل المشار اليها التي تجذبه الى جهة تقابل جهة س منه هي قوة التباعده عن المركز التي مرَّ تعريفها

ان قوة الجذب الى جهة المركز تساوي قوة التباعده عن المركز لان الثانية رد فعل منها كما اشرنا في بموجب (رقم ١٠٤) متساوية لها ونسبى بالقوة المركزية

ثم ان الجسم بالاستمرار بالقوة التي حركته في خط مستقيم يميل في سيره في كل نقطة من محيط الدائرة ان يتحرك في خط مستقيم مماس للدائرة مثل خط ا د (شكل ٤٥) . فاذا انقطعت القوة المركزية تبقى قوة الاستمرار ويسير الجسم في مماس الدائرة . ولكن اذا كان مسيره في جهة افقية او مائلة عن الافق فانه يتحرك في خط شلجي (رقم ١٧) وان كان عموديا على الافق يجري في خط الى فوق او الى تحت

وما يوضح قوة التباعده عن المركز حركة المقلع . فانه يعلق طرفه الواحد باليد ويمسك الآخر غير معلق اذ يوضع فيه حجر وبها يدور بقوة متصلة اذ تكون هي مركز حركته لكي تسارع حركته برهة ثم يفلت الطرف غير المعلق فبقوة التباعده عن المركز يرتقي الحجر في خطٍ شلبي مماس لدائره الى بعد لا تقدر اليد ان توصله اليه لان قوة التباعده تكون اشد في المقلع

شكل ٤٦



منها في يده اذ لا يمكنها ان تسرع في حركتها مثل الاول . وعلى هذا المبدأ تطاير الاحوال من دواليب العربايات شتاء . ولا يخفى انه كلما كبرت الدواير يرتقي الجسم بزخم اقوى لانه بتوسيع الدائرة مع بقاء وقت الدوران في كل الدائرة على حاله تزداد السرعة كحيطها فيقوى زخم الجسم وبالنسبة تقوى قوة التباعده . ولذا كالمقلع الاطول يرمى الى ابعد اذا ادير بسرعة واليد الطولى كذلك

واذا رُبِطت اسفنجة بخيط ثم بليت بماء وأدبرت بسرعة فالماء يتطاير منها الى كل الجهات بسبب قوة التباعده عن المركز . وعلى هذا الاسلوب قد تجفف الثياب المغسولة احيانا في محلات الغسيل وذلك بان تدار بسرعة بعد وضعها في دولاب آلة التجفيف فيفلت الماء بقوة التباعده وتجف الثياب . وسرعة الف وخمس مئة دورة في الدقيقة قيل انها كافية لتجفيف الثياب كلياً ما كانت مبتلة اصلاً

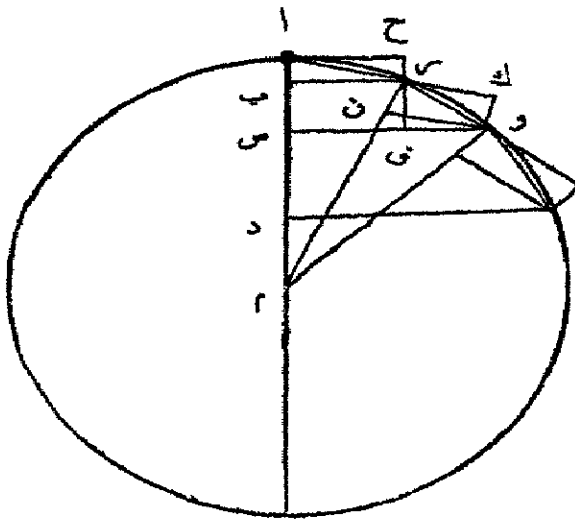
اذا رُبِط دلو ملآن ماء بجبل ثم ادير بسرعة لا

يسقط الماء منه مع انه ينقلب بدورانه الى فوق ولا يبقى مانع لهبوط الماء

بالمجاذبية اذ يصل الى الجهة العليا كما ترى (شكل ٤٦). وذلك مسبب
ايضاً عن قوة التباعده من ادارة الدلو بسرعة الغالية المجاذبية التي لولاها لا
نصب الماء منه حالاً عند انقلابه الى فوق كما اذا قلينا يدون ادارته على هذا
الاسلوب

١٠٦ اذا سار جسم في قوس دائرة حول مركزها يكون سهم
جيب ذلك القوس عبارة عن قوة التباعده وجيبه عبارة عن
القوة التي تحركه في خط مستقيم وبحسب ذلك القوس تتبعها
ليبر الجسم في قوس اغ بقوة تحركه في خط مماس للدائرة وبقوة
التباعده. اقسام هذا القوس الى ثلاثة اقسام متساوية ار و و غ (شكل ٤٧)

شكل ٤٧



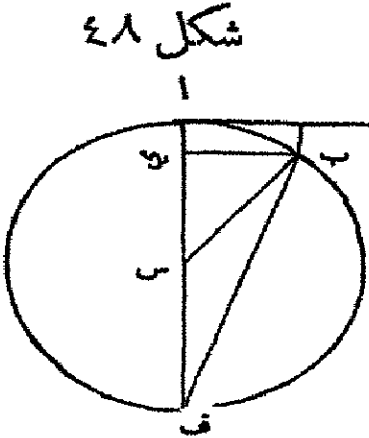
وليتحرك الجسم بقوة تحركه على
خط مستقيم في جهة اح ولتجذب
القوة اب الى جهة المركز م
ولنفرض انها منقطعة فالجسم غ
يمضي في القطر المستقيم ار . ثم
لنفرض قوة رن جذبه الى جهة
المركز وكان يصل من ر الى ن
بينما يمضي من ر الى ك على استقامة
خط ا ر تكون رن قوة التباعده

ون واورك الاخرى وتتبعها و رارسم رق يوازي ب س ويعدله ومن ق
ارسم وق س يوازي ر ه فالقوتان رق وق وتساويان رن ون ولان رو
تتبعه كل من الزوجين اذا تركبنا (رقم ٨٨) تكون اس قوة التباعده على خط
ام عند وصول الجسم الى ولان رق - ب س وتكون س و عبارة عن القوة

التي تحرك الجسم في خط مستقيم . وهكذا يمكن ان يبين ان اد عبارة عن قوة التباعد ودغ عبارة عن القوة الأخرى عند وصول الجسم الى غ وهكذا اذا قسم القوس اغ الى اقسام صغيرة الى غير نهاية حتى تصبح الاوتار الصغيرة نقطاً في دائرة يبين على الاسلوب المذكور ان اد عبارة عن قوة التباعد ودغ عن القوة الأخرى . وانما اد هو سهم جيب القوس اغ ودغ جيبه

١٠٧ لكي تستعلم قوة التباعد عن المركز لجسم دائري في الثانية الاولى اقسام مربع سرعته على قطر دائرته

ليدار الجسم ا في القوس اب في لحظة من الوقت هي جزء من ثانية صغيرة الى غير نهاية نفرضها ت بقوتي ي ب واي (رقم ١٠٦) حول المركز س . ولنفرض س - سرعة الجسم في ثانية وط - طول نصف القطر ا س وق - قوة التباعد اعني البين الذي ينزله الجسم بهذه القوة في القطر اف في ثانية وت - الوقت فحينئذ ا ب - س x ت . ولما كانت قوة



التباعد متصلة كالجاذبية فهي تتغير مثلها كمربع الوقت بموجب برهان سقوط الاجسام بالجاذبية فتكون اي - ق ت ولكن لما كان اب قوساً صغيراً جداً يسوغ ان نحسبه كوتره الذي هو متناسب متوسط بين اف القطر اي ٢ ط واي فتكون ق ت - $\frac{س^2}{ط^2}$ او

$$ق - \frac{س^2}{ط^2} \dots \dots \dots (١)$$

وان تضاعفت هذه بموجب (رقم ٧٢) نصير $\frac{س^2}{ط^2}$ السرعة التي تحدثها قوة التباعد بحركة متساوية في ثانية واحدة وهذه احياناً قياس قوة التباعد كما انه في الاجسام الساقطة قد يجعل قياس قوة الجاذبية ج - $\frac{٢٢}{١}$

سرعتها في الثانية الثانية على فرض بطلان الجاذبية في اخر الثانية الاولى
من (١) يتجانه في دوائر متساوية قوة التباعد عن المركز تتغير كربع
السرعة اذا اعتبرنا دوران الجسم مرة في كل دائرته فعبارة قوة التباعد تكون
كما سترى . لنفرض ت يساوي وقت دورة تامة ولنفرض م - ٢٢٢٤١٥٩
نسبة المحيط الى القطر فيكون م ط - س ت اوس - $\frac{ط^٢}{٢}$ وبالتعويض
عن هذه في (١) تصير

$$ق - \frac{ط^٢}{٢} \dots \dots \dots (٢)$$

فاذا قوة التباعد عن المركز تتغير بالاستقامة كقطر الدائرة وبالقرب
كربع وقت دورة . ثم لنفرض ث - ثقل جسم دائري - قوة التباعد
عن المركز معبرا عنها بارطال وج اليين الذي يسقط فيه الجسم في ثانية
- $١٦\frac{١}{٢}$ فتكون ث : ق :: ج : $\frac{ط^٢}{٢}$ اي

$$ق - \frac{ث س}{ط ح} \dots \dots \dots (٣)$$

ولتكن ع عدد الدورات في ثانية فلنا س - م ط ع

$$و (٣) تصير ق - \frac{ط^٢}{ح} \times ث \times ط \times ع \dots \dots (٤)$$

١٠٨ اذا دار جسمان حول محور يمر بمركز ثقلها المشترك فلا

يكون ضغط على ذلك المحور

ليكن ا و ب (شكل ٤٩) جسمين متصلين بقضيب وليدارا حول مركز

شكل ٤٩



الثقل س فبموجب (٤) قوة

التباعد عن المركز للجسم ا هي

$$\frac{ط^٢}{ح} \times ا \times س \times ع \text{ وللجسم ب}$$

هي $\frac{ط^٢}{ح} \times ب \times ب \times س \times ع$. ولما كان س مركز ثقل الجسمين يكون ا

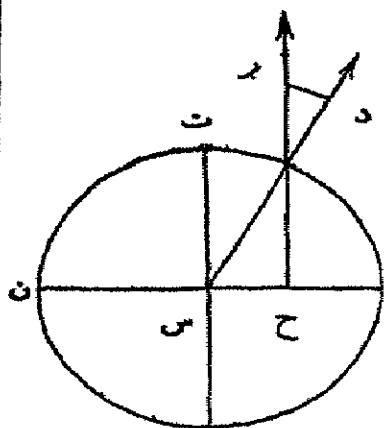
ا س - ب \times ب س فقوة التباعد عن المركز اذا للجسم ا - التي للجسم ب

فلا يكون ضغط على المركز س بزيادة قوة التباعد عن المركز لاحدهما على قوة الآخر

١٠٩ ان قوة التباعد لجسم على الارض عند خط الاستواء تستخرج بحسب (١) ولكن قوة التباعد عن المركز لجسم في عرض ما تساوي قوة التباعد عند خط الاستواء مضروبة في مربع نظير جيب العرض

ليكن ن ص (شكل ٥٠) محوراً واجماً يرسم محيطاً مع نصف القطر اس . اجعل ط - س ت وط - ا ح ول - زاوية اس ت العرض وق قوة التباعد عن المركز عند خط الاستواء وق قوة التباعد عند اوس - سرعة ت وس - سرعة افلنا ما مر ق - $\frac{r_{س}}{r_{ط}}$ وق - $\frac{r_{س}}{r_{ط}}$

ولكن س : س : ط : ط فتكون س - $\frac{r_{س}}{r_{ط}}$. وكذلك من المثلث اس ح لنا ط - ط \times بخل فاذا س - س \times شكل ٥٠ بخل وق - $\frac{r_{س} \times \text{بخل}}{r_{ط} \times \text{بخل}} - \frac{r_{س}}{r_{ط}}$. وبمقابلة قيمة ق مع قيمة ق لنا ق - ق \times بخل . ولكن لما كانت قوة التباعد عند انضاد الجاذبية الى جهة اب والجسم انجذبة الارض الى جهة س تكون اب الى ا د مثل قوة التباعد عند الى مضادتها للجاذبية (رقم ١٠٢) اذا ا د عبارة عن مضادتها لها اذا كانت اب عبارة عنها وب د عموداً على ا د . ثم لما كانت زاوية د اب - اس ت - ل فلنا



ا د - اب \times بخل - ق - ق \times بخل - ق بخل

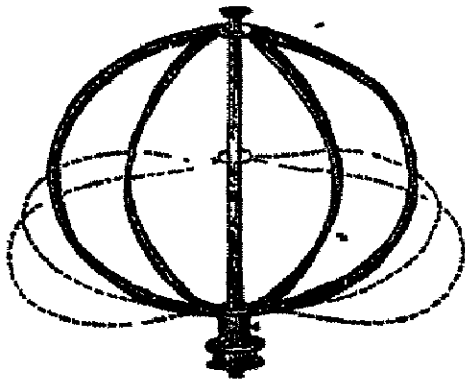
١١٠ من العبارات السابقة يستعلم أنه يقتضي ان تصير سرعة الأرض حول محورها ١٧ ضعفاً لكي تزول قوة الجاذبية عند خط الاستواء ولا يعود للمواد ثقل هناك وتطير ان زادت سرعة الأرض

لأنه بموجب (٢) $ق = \frac{ث \times ط}{ج} - وق \times ط \times ج - ث \times س$ وبجسباً فرض $ق = ث$ فاذاً $س = ط \times ح \times و - ث \times ط \times ج -$ $١٦ \times ٥٢٨٠ \times ٨٠٠٠ - ٢٥٩٩٦$ مقدماً مقدار سرعة الأرض التي تزيد الجاذبية ثم ان محيط الأرض عند خط الاستواء - ٢٥٠٠٠ ميل دورتها في ٢٤ ساعة فتكون سرعتها من الاقدام في الثانية $-\frac{٢٥٩٩٦}{١٠٨٢} - \frac{٥٢٨٠ \times ٢٥٠٠}{٦٠ \times ٦ \times ٢٤} - ١٥٨٢$ ثم $١٧ - \frac{٢٥٩٩٦}{١٠٨٢}$ تقريباً

١١١ يظهر من (رقم ١٠٩) ان قوة التباعد عن المركز للمواد على الأرض التي تضاد جاذبيتها تختلف باختلاف العرض. فمعظمها عند خط الاستواء وهي هناك ١/١٧ من الجاذبية (رقم ١١٠) اي لو بطل دوان الأرض على محورها لكان ١٧ رطلاً تصير ١٨ رطلاً هناك . وبالابتعاد عن خط الاستواء الى نحو احدى القطبتين تتناقص قوة التباعد عن المركز بتناقص دوائر العرض اذ كانت الاجسام عند تلك الدوائر تكمل دوراتها في وقت واحد حتي تصير لا شيء عند القطبتين وتتغير كمربع نظير جيب العرض (رقم ١٠٩) . فبناءً عليه المظنون ان ذلك صار سبباً لكون الاجزاء القطبية اقرب الى مركز الأرض من الاستوائية وكونها اقرب منها الى التسطح كالمقرر في فن الجغرافية. لأنه اول ما حركها الخالق جل شأنه كانت مائعة وكانت قوة التباعد عن المركز تقاوم جاذبية الأرض اشد مقاومة عند خط الاستواء ولم تكن لتقاوم عند القطبتين فانضغطت الاجزاء القطبية وتباعدت الاستوائية

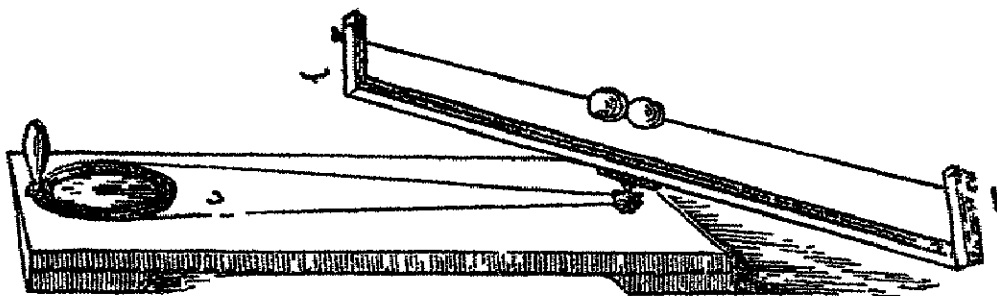
عن المركز حتى صار الفرق بين القطر الاستوائي^٥ والقطبي ٢٦ ميلاً. ومن خط الاستواء الى احدى القطبتين ثنناقص مقاومة قوة التباعد عن المركز للجاذبية فيتناقص الضغط الى ان يصير لا شيء عند القطبة . وذلك يجعل هيئة الارض اهليلجية كان مجسمها مصنوع بدوران اهليلجي حول قطره الاقص. ولكن لكون الفرق بين القطرين صغيراً ولم تبعد هيئتها عن الكرة نعتبر غالباً كرة تامة . وسياتي الكلام في الرقاص على طريقة معرفة الفرق بين القطر القطبي والاستوائي

شكل ٥١



ان التجربة الاتية توضح ما قد ذكر. فاذا ادبرت هذه الآلة (شكل ٥١) بسرعة يظهر جذب قوة التباعد عن المركز. وهذه الآلة فيها دائرتان من شريط او من سير معدني مرف تدوران حول محور فاذا اتصلت هذه الآلة بدولابين ملفوف عليهما خيط وحركت بسرعة فالدائرتان يتقاربان على خط المحور وتباعدان عند خط الاستواء كما يرى في الشكل وما يوضح لنا قوة التباعد عن المركز جلياً هذه الآلة (شكل ٥٢) .

شكل ٥٢



فان المسلكة ا ب موضوعة على محور مثبتة عليه ببرغي تدور عليه بواسطة الدولاب د . وكرتان مشقوبتان قد ادخلا في شريطة ا ب فاذا وضعنا عند

المركز كما ترى (شكل ٥٢) وإدبرت الآلة بسرعة يتباعدان عن المركز ويصدمان طرفي المسلكة في لحظة واحدة ان كانتا متساويتي الحجم والكبرى تصدم قبل الصغرى ان كانتا مختلفتي المادة . وان اختلفتا في البعد عن المركز مع مساواتهما في المادة فالبعدي تصدم أولاً وما يظهر قوة التباعد عن المركز ان دولاب المحلج احياناً يتكسر ارباباً اعظم سرعة دورانه وقس على ما ذكر ما لم يذكر

مسائل منشورة

س^١ حجر ثقله اوقيتان ادير في مقلاع طوله ثلاثة اقدام ٤ دورات في كل ثانية فما هي قوة التباعد فيه ج ٩٢٨ ق ٩ ط
س^٢ ان كان طول مقلاع قدمين فكم دورة يقتضي ان يدور في الثانية حتى تحفظ قوة التباعد الحجر في المقلاع بدون سقوطه منه بالجاذبية ج $\frac{1}{2}$ دورة في الثانية
س^٣ عرباية وزنها ٧ قناطير تسير بسرعة ٢٠ ميل في الساعة على طريق حديد دارت في قوس نصف قطره ٢٠٠ قدم فكم تكون قوة الجذب عليها الى خلاف جهة مركز دائرتها ج ٥١٢١٢ ط ٢ قنطر
س^٤ كم يقتضي ان تسرع الارض لكي لا يبقى ثقل المواد على عرض بيروت اي ٣٠ و ٣٣

الفصل السادس

في الرقاص

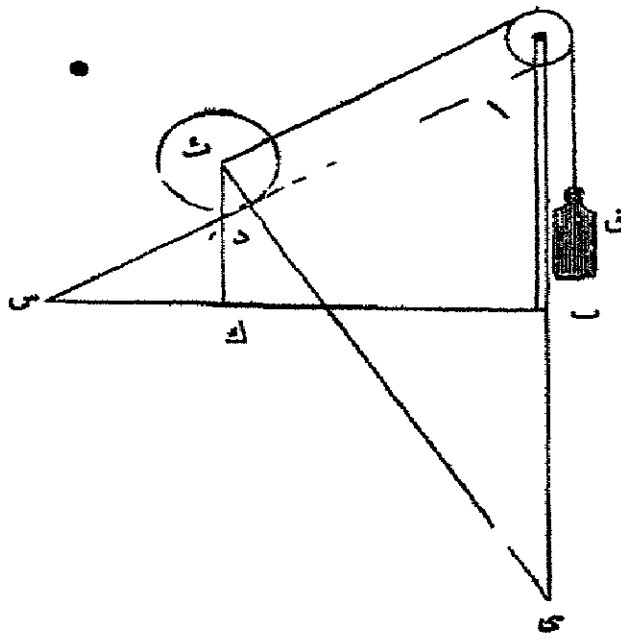
١١٢ الرقاص شريط من معدن معلق بمسار داخل ساعة

دقاقة في طرفه الاسفل قرص معدني يخطر في قوس صغير حول نقطة التعليق لاجل تحريك عقرب الدقائق. وتسمى نقطة التعليق مركب الحركة. وفي ما ياتي بحسب الخطران في خلاء بدون ان يفرك على سمار. فلا ينظر الى صد الهواء او الفرك. ولجل البحث عن نواميس حركة الرقاص نحتاج ان نلتفت اولاً الى حركة الاجسام على سطح مائل

١١٢ السطح المائل هو سطح مستوي زاوية ميله على سطح الافق اقل من قائمة. واذا وازنت قوة توازيه جسمًا عليه تكون نسبة تلك القوة الى الجاذبية كنسبة علوه الى طوله. ووقت سقوط الجسم بالجاذبية في بين مثل طوله يساوي وقت نزوله على السطح في بين مثل علوه

ليكن اس سطحًا مائلًا علوه اب عمودي على قاعدته س ب الموازية لسطح الافق وزاوية ميله اس ب وثقلًا يوازنة ق معلقًا بخيط ث ن ق المار على البكرة ن والموازي اس. فالجسم ث ساكن بثلاث قوات احداها ق على جهة د ا والثانية صد السطح على جهة ي ث العمودي من مركز ثقل الجسم ث على السطح المائل (رقم ١٠٢) في نقطة الماسة د والثالثة الجاذبية في جهة ث ك او اي العمودي على ب س فالثلاث اي د يدل على القوات الثلاث ونسبة بعضها الى بعض كخطوط بعضها الى بعض كما في الحركة المتساوية (رقم ٧٩) لانه في تركيب الحركة المتساوية يدل على ابيان ثلاث قوات في

وقت واحد دل عليها مثلث بثلاثة مسطحات (رقم ٦٣) وفي المشارة
بثلاثة مثلثات انصاف المسطحات في



نفس الوقت ونسبة المسطحات بعضها
الى بعض كالا انصاف فوقت سقوط
الجسم في اي بالجاذبية ووقت
نزوله في ا د واحد. فخط اي عبارة
عن قوة الجاذبية واد عبارة عن
ق ودي عبارة عن صد السطح
(رقم ٨٢). ولكنه لما كان مثلث
اب س يشبه ادي تكون اضلاع
اب س ايضاً عبارة عن القوات

الثالث اي ان البين اس عبارة عن الجاذبية و اب عبارة عن القوة ق وس د
عبارة عن صد السطح واوقات سير الجسم بكل من بهذه القوات في مثل
بينها من مثلث اس ب متساوية . ثم اذا انتقطع الخيط ن ث يسير الجسم
منهويًا على السطح اس بالقوة ق ولما كان البين يتغير كما للقوة كما قررنا
وبموجب (رقم ١٦٦) فاذا فرضنا د البين الذي يسير فيه الجسم بالقوة ق
في الثانية الاولى وج - البين للجاذبية في الثانية الاولى اي $16\frac{1}{2}$ ود -
علو السطح المائل وط - طوله

يكون د : ج :: ع : ط

اذا $د = \frac{ع}{ط} \times ج$

فالقوة التي تحركه الجسم في سطح مائل هي كسر من الجاذبية صورته
علو السطح المائل ومخرجه طوله ولا ريب ان هذه القوة متصلة على اي سطح
مائل فرض وتحديث حركة متسارعة . فالحركة على سطح مائل لا تختلف

بالنوع عن حركة السقوط بالجاذبية بل بالكمية . فالعبارات الست المذكورة (رقم ٧٥) تصلح للسطح المائل غير أنه يقتضي التعويض بقيمة الحرف د ع ج وهنا ندون العبارات المشار إليها وحذاءها عبارات السطح المائل

عبارات السقوط	عبارات السطح المائل
(١) و - $\frac{b}{h}$	و - $\frac{b}{h}$ ح ط
(٢) س - $\frac{b}{h}$ ج ب	س - $\frac{b}{h}$ ج ط
(٣) و - $\frac{b}{h}$	و - $\frac{b}{h}$ ح ط
(٤) ب - ج و	ب - ج ح ط
(٥) ب - $\frac{b}{h}$	ب - $\frac{b}{h}$ ح ط
(٦) س - $\frac{b}{h}$ ج و	س - $\frac{b}{h}$ ح ط

من العبارة (٤) يظهر ان ب ∞ و ∞ ومن (٥) ان ب ∞ س ∞ اذا كانت ج او $\frac{b}{h}$ ج كمية ثابتة . فينتج ان ابيان النزول في اوقات متساوية متوالية هي كالأعداد الأوائل ١ و ٢ و ٣ الخ وإبيان الصعود كهذه الأعداد مقلوبة . وإيضاً ان السرعة أخيراً ان بقي الجسم متحركاً بها على التساوي يسير مضاعف ما كان يقتضي ان ينزل لكي يحصل تلك السرعة . وانه اذا رمي او دحرج جسم الى فوق على سطح مائل يصعد الى بعد يقتضي ان يتزل منه لكي تحصل سرعة الرمي

١١٤ السرعة أخيراً بالنزول على سطح مائل تعدل المحاصلة أخيراً بالسقوط في علوه

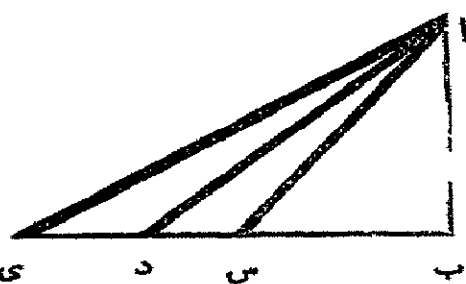
لان ب - ط هنا فيموجب العبارة (٢) ر س - $\frac{b}{h}$ ج ط - $\frac{b}{h}$ ج ط (ع ج) وهي عبارة السرعة للسقوط بالجاذبية في ع علو السطح . فعلى سطوح مختلفة اذن س ∞ $\frac{b}{h}$ ع

١١٥ وقت الانحدار على سطح مائل الى وقت السقوط
بالجاذبية في علوه كما لطول الى العلو

لانه بموجب العبارة (١) و - $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ - ط $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ ولكن وقت
السقوط في العلو - $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ اذا

وقت النزول على سطح مائل : وقت السقوط في العلو :: ط $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$:
 $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$:: ط $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$: ع $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$:: ط : ع

ثم لما كان و - ط $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ فعلى سطوح مختلفة و $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$
فيستجيب ان كان لعدة سطوح علو



واحد فالسرعات بالنزول فيها متساوية
واوقات النزول كاطوال السطوح
لفرض ان اس واد واي
(شكل ٥٤) لها علو واحد اب. ثم اذا

كانت س و $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ و ع كمية مشتركة تكون س واحدة لجميع السطوح
المذكورة. ولما كان و $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ و ع كمية مشتركة بين السطوح فان و $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$

١١٦ انه في النزول على اوتار دائرة تنتهي في طرفي قطرها
المتسامت السرعات اخيراً كاطوال و اوقات النزول في الاوتار
والسقوط في القطر تساوي بعضها بعضاً

لان السرعة الاخيرة (رقم ١١٤) على اس (شكل ٥٥) - $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ اس
- $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ اس - $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ اس - $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ اس - $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ اس - $\frac{1}{2}g \left(\frac{h}{c}\right)^2$ اس
فالسرع الاخيرة على اس تتغير مثل اس الطول. ثم بموجب (رقم ١١٥)

الرفاص

عند د واحدة سواء كانت من النزول على ا ب و ب س وس د ام على ف د لانها في كليهما تساوي السرعة الاخيرة بالسقوط في ف غ

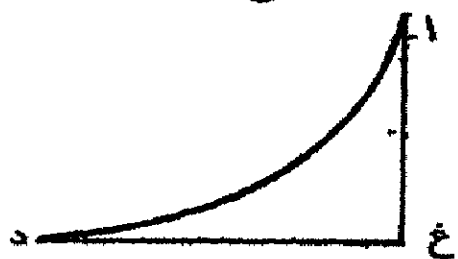
١١٨ ان الحكم المذكور في الرقم السابق لا يصدق تماماً على سلسلة سطوح ولكن يصدق على سطح منحنٍ لان الجسم بالانتقال من سطح الى اخر ينحسر شيئاً من سرعته ونسبة الخسارة الى كل السرعة السابقة كسهم جيب الزاوية بين السطحين الى نصف القطر



لتكن ب ف عبارة عن السرعة التي كانت للجسم عند ب (شكل ٥٧) حلها الى ب د على السطح التالي و د ف عمودياً عليه . فان ب د هي السرعة الابتدائية على ب س وان كانت ب ح - ب ف تكون د ح الخسارة . وانما د ح هي سهم جيب زاوية ف ب د لنصف القطر ب ف . فتكون نسبة الخسارة : السرعة عند ب :: د ح : ب ف :: ب ح : ب ف

وانما لاختسارة على سطح منحنٍ . لانه ان فرض عدد السطوح المتوالية غير متناهٍ يصير منحنياً (شكل ٥٨) . ولما كانت الزاوية بين سطحين متوالين من المنحنى غير متناهية في صغرها فوترها صغير الى غير نهاية . ولكن سهم جيبها اصغر من الصغير الى غير نهاية ايضاً لان القطر : الوتر :: الوتر : سهم فيكون سهم الجيب لكل من الزوايا الصغيرة الى غير نهاية في المنحنى صغراً ولذلك ولئن يكن مجموع جميع الزوايا الصغيرة الى غير نهاية الزاوية المتناهية اغ د تكون كل الخسارة مجموع اصغار . فاذا اجتمعت لا ينحسر سرعة على منحنٍ بل

شكل ٥٨



يحصل عند لسفل نفس السرعة التي
يحصلها بسقوطه في علوه . فيظهر ان
سرعة الجسم الاخيرة هي واحدة سواء نزل
على خط متساوت ام على سطح مائل ام
على منح ان كان العلو واحداً

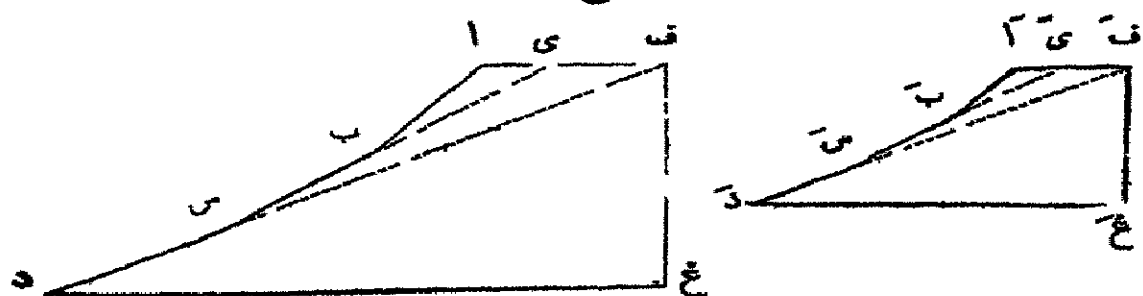
١١٩ ان اوقات النزول على سلاسل سطوح متشابهة
ومنحنيات متشابهة كالأجذار المالية لاطوالها

ان كان لسطوح ميل واحد على سطح الافق فاقوات النزول عليها
كجذور اطلالها . لانه ان رسم علو وقاعدة كل سطح يصطنع مثلثات متشابهة
وع : ط تناسب ثابت للسطوح المتعددة وبحسب (رقم ١١٥)

وه $\infty \frac{\text{ط}}{\text{س}} \infty \frac{\text{ط}}{\text{س}} \infty \frac{\text{ط}}{\text{س}}$ اي ان الوقت يتغير كالجذر المالي للطول
ثم ان كانت سلسلتا سطوح متشابهتين بان كانت السطوح المتناظرة منها
متناسبة ولها ميل واحد على سطح الافق يصدق ايضاً الحكم المذكور وهو ان
اوقات النزول عليها كجذور المالية لاطوالها

ليكن اب س د و آ ب س د (شكل ٦٠) متشابهين وليرسم اف

شكل ٦٠



و آ ف افقيين وتخرج السطوح السفلى لتلاقيها فيبرهن على الفور ان كل
الاضلاع المتناظرة من الشكلين متناسبة واجذارها المالية ايضاً متشابهة. لتقرا

واب وقت النزول في أب وهم جوا فلنا

واب : وآب : ١٦٠ أب : ١٢٠ آب

وي ب : وي ب : ١٦٠ ب : ١٢٠ بي ب : ١٢٠ آب

و وي س : وي س : ١٦٠ س : ١٢٠ سي س : ١٢٠ آب

فاذن بالطرح وب س : وب س : ١٢٠ أب : ١٢٠ آب

وعلى هذا الاسلوب وس د : وس د : ١٢٠ أب : ١٢٠ آب

اذا بالجمع و (اب + ب س + س د) : و (آب + ب س + س د) :

١٢٠ أب : ١٢٠ آب : ١٢٠ (اب + ب س + س د) : ١٢٠ (آب + ب س + س د)

ومع ان في الانتقال من سطح الى اخر خسارة فلا تزال القضية صحيحة

لانه اذ كانت الزوايا متساوية فالخسائر متناسبة الى السرعات واذا كانت

السرعات الابتدائية على السطوح التالية تبقي على النسبة نفسها التي كانت لها

قبل الخسائر فتناسب الاوقات لا يتغير

ان البرهان المذكور يصدق فيما اذا كان عدد السطوح في كل سلسلة

يزداد الى غير نهاية حتى نصير منحنيات متشابهة وميلها على سطح الافق متشابهة.

فاذا فرضنا ان هذه المنحنيات اقواس دوائر فلكونها متشابهة هي متناسبة

لانصاف اقطارها . فاوقات النزول على اقواس متشابهة كالاجدار المائلة

لانصاف اقطار تلك الاقواس

مسائل على السطح المائل

س' كم من الوقت يقتضي لجسم ان ينزل ١٠٠ قدم على سطح طوله

١٥٠ قدما وعلوه ٦٠ قدما ج ٢٠٢ ثانية

س' طريق حديد لها سطح مائل طوله ٢ ١/٢ ميل وميله ١ في ٢٥ فاي

سرعة لعباية بالنزول على كل طول الطريق بثقلها فقط

ج ١٠٦٢٢ ميل في الساعة

س^٢ جسم يزن ٥ ارطال سقط على خط متسامت وجرّ اخر وزنه ٦
ارطال على سطح ميله ٤٥° فكم ينزل الجسم الاول في ١٠ ثوانٍ
ج ٢٤٤٤ قدم

س^٤ يوجد على جانب جبال البافيا سويسرا مزلق يُرمى عليه اخشاب
من الجبال فتتحدرا الى بحيرة عند سفح الجبل ومن ثم تتحدّر في نهر راين. طول
المزلق ثمانية اميال وعلوه ١٢٦٢٢ قدماً ففي اي وقت تهبط شجرة من اعلاه
الى سفحه بدون التلفات الى الفك ج ٥٧ ثانية ٤ دقائق

١٢٠ اذا رُفع الرقاص الى جانب واحد من موقع سكونه
الى علوه ما وأُفِلت ينزل وبا لزخم الاخير الذي يحصله عند وصوله
الى موقع سكونه يصعد على الجانب المقابل الى ذلك العلونفسه
حيث تنزله الجاذبية كما انزلته قبل . ولولا مانع صد الهواء لدام
خطرانه

الخطرة المفردة لرقاص هي حركته من النقطة العليا على
جانب واحد الى النقطة العليا على الجانب الاخر. والخطرة
المزدوجة هي تحركه من النقطة العليا على الجانب الواحد الى ان
يرجع اليها

محور الرقاص خط مرسوم في مركز ثقله عمودياً على محوره
الافقي الذي يدور هو عليه

مركز خطر ان رقاص هو تلك النقطة من محوره التي لو

جُمِعَتْ عندها كل ما دُئِيَ لا يتغير وقت خطرة من خطراته
 طول رقص هو ذلك الجزء من محوره بين نقطة التعليق
 ومركز الخطران

جميع كتل الرقص توهم في نقطة محوره. فالتى فوق مركز
 الخطران من شأنها ان تخطر اسرع (رقم ١١٩) فتزيد سرعته
 والتى تحته من شأنها ان تخطر ابطا فتقلل سرعته. ولكن حسب حد
 مركز الخطران المذكور هذا التسارع وذلك التباطى يوازن احدهما
 الاخر عند تلك النقطة

١٢١ انه لما كان قوس خطرة مفردة لرقاص يتغير كطوله
 بمقتضى خصائص الدائرة وبموجب (رقم ١١٩) يتغير الوقت
 كجذر بين القوس فوق خطرة مفردة يتغير كجذر طول الرقص.
 ويستعمل طول رقص وهو البعد بين نقطة التعليق ومركز
 الخطران اذا فرض وقت خطرة مفردة او يستعمل وقتها اذا فرض
 طوله بهذه النسبة وهي

وقت خطرة مفردة: وقت السقوط في نصف طول الرقص
 :: ١٥٩ : ١٤٢ : ١٠٠ . اما برهان هذه النسبة فيقتضى ان نبحث عن
 خصائص شكل هندسي يقال له الكيكلويد

١٢١ الميكلويد خط منحن ترسلة نقطة في المحيط دائرة تدار على خط مستقيم والمنحط المستقيم الذي تدار عليه الدائرة يلقى منحن الميكلويد في طرفيه

مختار الدائرة احب دورة واحدة على الخط س اك الذي بالضرورة

يساوي محيطها فالخط المنحني

س د ب ك المرسوم لتلك

النقطة من الدائرة التي كانت

مماسة للنقطة من حينها ابتداء

ان تدور الدائرة يعرف

بالکیکلوید . واذا تنصف الخط س ک فی اورسم اب عموداً علیہ فواضح

من كيفية رسم المنحنى انه يكون له جزءان متشابهان على جانبي ا ب وان نقطة

السمت ب نوضع بحيث محور الكيكلويد اب يساوي قطر الدائرة التي

رسمته . اما خصائص المنحنى المذكور التي يتوقف عليها برهان النسبة المذكورة

(رقم ۱۲۱) فہمی ما پاتی

١٢٣ معين الكيكلويد دح يساوي قوس الدائرة ب ح . لانه اذا

فرض بَدَأَ (شكل ٦٠) موقع الدائرة اذ تكون النقطة الرأسية المنحني عند

د. ارسم القطر بآ يوازي باومن دارسم دحل يوازي سا فالقوس

دأ - القوس ح افالجبيان د ق ح ل متساويان فاذا د ح - ق ل - أ - أ

— ١ — م — أ — نصف المحيط ب ح ١ — القوس ح ١ — القوس ب ح

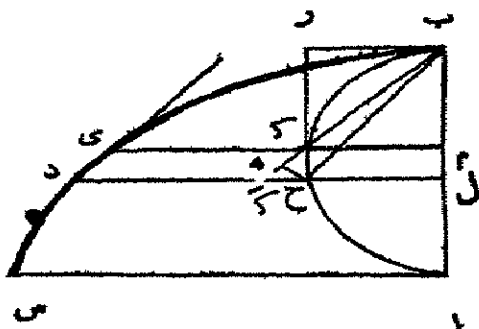
۱۲۴ حماس الکیکلویڊ عند ای نقطه مثل ی (شکل ۶۱) یوازی

الوتر الذي يقابله ب ك من الدائرة الرأسية . ارسم د ح ل قريبة الى غير

نہایتہ الی ی کم۔ ارسہ ب کو اخرجہ الی گ فالثلث ح کہ گ یشاہۃ المثلث کرب

الذي ضلعه الماسان كروب اللذان يمان الدائرة عند النقطتين كروب

شكل ٦١



متساويان فاذا كح - ح ك. ثم بموجب

(رقم ١٢٢) القوس ب ك ح - د ح

اطرح من هذه المعادلة التي قبلها

فقوس ب ك - د ك. ولكن القوس

ب ك - ي ك فاذا ي ك - د ك. ولما

كان ي ك و د ك متساويين ومتوازيين

فخطا ي د و ك ك لابد ان يكونا متساويين ومتوازيين ايضاً. ولما كان الماس

عند النقطة ي يجوز ان يحسب مطابقاً لوتر الجزء ي د من الكيكلويد المطابق

المحيط المنحني لانه قد فرض كون هذا الجزء صغيراً الى غير نهاية فهو متوازي

للوتر ب ك

فينتج من ذلك ان الكيكلويد يلاقي القاعدة قائماً عليها لان الماس عند

س يوازي ب ا المحور

١٢٥ ان قوس الكيكلويد ب ي يساوي مضاعف الوتر المقابل

ب ك من الدائرة الراسمة (شكل ٦١)

ارسم ح ه عموديا على ك ك ولما كان المثلث ك ح ك متساوي الساقين

فخط ح ه ينصف القاعدة ك ك فاذا ك ك اوى د - ك ه. ولما كان ح ه

يسوغل ان يحسب ك قوس دائرة صغير يرسمه نصف القطر ب ح فخط ك ه

- ب ه - ب ك - ب ج - ب ك. فاذا ي د و ك ه هما كمينتان يتالف من

تكرارها قوس الكيكلويد ب ي والوتر ب ك ومن حيث ان القوس والوتر

يتديان معاً من النقطة ب وكل جزء صغير من الاول مضاعف الجزء الذي

يقابله من الثاني يلزم ان يكون القوس ب ي مضاعف الوتر ب ك وبالتسوية

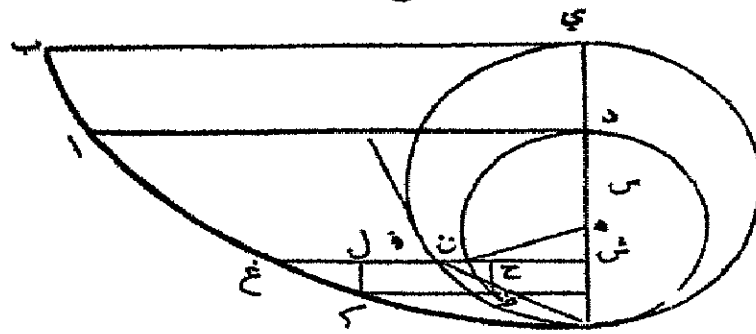
كل القوس ب س - مضاعف القطر ا ب وطول كل المنحني س ب ك

(شكل ٦٠) - ا ب . ولما كان س ا ك - ٢٠١٤١٥٩ X ا ب فكل

الكيكلويد : قاعدته :: ٤ : ٢٠١٤١٥٩

١٢٥ ان وقت النزول على كيكلويد الى النقطة السفلى منه هو واحد ابداً اذا ابتداء الجسم ان يسقط من اي نقطة كانت. ووقت النزول في نصف كيكلويد : وقت النزول في قطر الدائرة الراسمة له : نصف محيط الدائرة : قطرها

لكن ی ف م (شکل ۶۲) دائرة قطرها ی م عامودي علی سطح
شکل ۶۲



الافق وب غ م نصف الكيكلويد المتقابل . وليبتد الجسم ان يسقط من
اي نقطة كانت مثل ا . ارسم ا د يوازي ب ي وعلى م د كقطر ارسم الدائرة
د ن ط م مركزها عند ه

احسب ت - د م و س - س ي نصف قطر الدائرة الكبرى وص -
 دش ولنفرض السرعة عند غ - س ولان القوس غ ك صغير جدا نحسب
 السرعة عند غ مثل التي عند ك . ثم وقت التزول في القوس غ ك يكون
 $\frac{\text{غ ك}}{\text{س}} = \frac{\text{غ ك}}{\text{س}} \cdot \frac{\text{س}}{\text{س}}$

(1) وبمساواة المثلثات $\frac{FG}{KL} = \frac{FM}{LN} = \frac{FN}{LM}$ - $\frac{FM}{LN} = \frac{FN}{LM}$ - $\frac{FM}{LN} = \frac{FN}{LM}$

$$(r) \quad \frac{N}{(M \times D)} - \frac{N}{M}$$

شماره کل - ط ح فیکسمة (۱) علی (۲) نصیر

$$\frac{5}{10} - \frac{2}{10} = \frac{3}{10}$$

غ ک - $\frac{r}{n} \times (2r - 1) \times n$

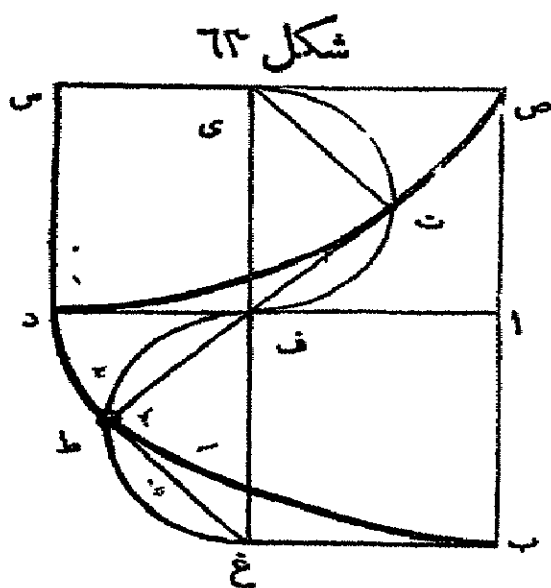
وقت النزول في غ ك - $\frac{r}{n} \frac{h}{\sin(\alpha)} \times \frac{r}{n} \frac{h}{\sin(\alpha)} - \frac{r}{n} \frac{h}{\sin(\alpha)} \times \frac{r}{n} \frac{h}{\sin(\alpha)}$

وعلى هذا الأسلوب يبين ان وقت النزول في اي قوس آخر صغير
 احد الاجزاء التي يتألف منها المنحنى هو $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}}$ مضروباً في القوس المتقابل
 من المحيط د ن ط م . فينتج ان وقت النزول في قوس الكيكلويد ام هو
 $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} \times \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}}$

ولما كانت هذه العبارة لوقت النزول في ام مستقلة عن ت يتضح جلياً
 ان وقت النزول على كيكلويد الى النقطة السفلى هو واحد ابداً اذا سقط
 الجسم من اي نقطة كانت

وبما ان وقت السقوط في م هو $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}}$ - $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}}$ - $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}}$ فانما
 وقت النزول في ام : وقت السقوط في م :: $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} : \frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}}$
 $\frac{1}{2} \sqrt{\frac{2g}{r}} :: 2 : 1$ نصف المحيط : القطر

١٢٧ اذا نُشِرَ ماس نصف كيكلويد ملتف عليه كحيط
 ورسم طرف الماس منحنياً فذلك المنحنى مثل نصف الكيكلويد
 هيئةً ومقداراً



خذ خطاً مثل ص س (شكل ٦٣)
 وارسم ص ا عموداً عليه واجعل ص س
 : ص ا :: نصف محيط دائرة : قطرها
 وكمل المتوازي الاضلاع ص س د ا .
 واخرج ص الى ب جاعلاً ا ب -
 ص ا . وعلى ص س وا د ارسم نصف
 كيكلويد ص د ود به سمت الاول
 عند د والاخر عند ب . ثم ان كان

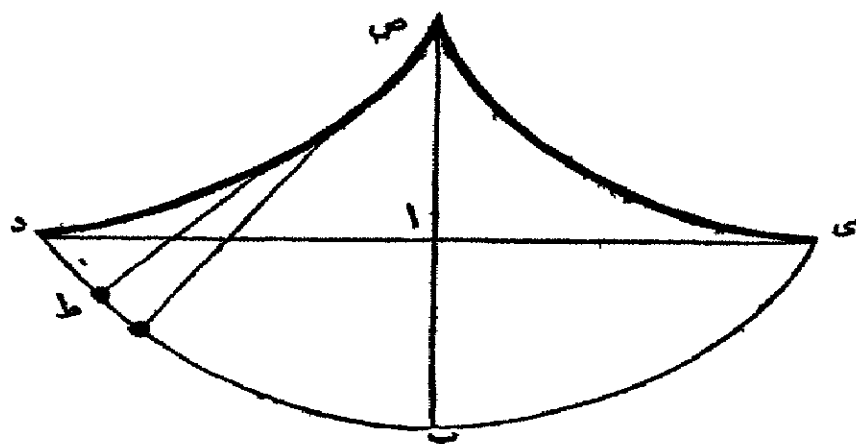
الماس ينشر مبدئاً عند د حتى تصل نقطة الماسة الى ص فطرفه يكون

أولاً في نصف الكيكلويد د ب لا تأتي في أي نقطة مثل ف في ا د ا رسم بي ف
غ عمودياً على ص س . ثم ي غ - ص ب وعلى ي ف وف غ ا رسم تصفي
الدائرتين ي ت ف ف ط غ وارسم الوترين ث ف ف ط فاولهما (رقم ١٢٣)
ماس الكيكلويد عند ت . ثم ص ي - القوس ي ت وص س - ي ت ف
فاذ س ي - د ف - القوس ت ف . ولكن د ف - ف ط فاذا القوسان
ف ت وف ط متساويان والزوايتان المتقابلتان كذلك ي ف ف غ ط .
واذ كانت زاويتا ت وط قائمتين ي ف ت - ط ف غ وط ف ت
خط مستقيم . ثم ان ت ط - ٣ ت ي - (رقم ١٢٥) قوس الكيكلويد
ت د . فيكون ت ط مماساً منشوراً من د وط طرفه . وهكذا يبرهن ان
أي نقطة غير ط من نصف الكيكلويد د ب هي طرف ماس منشور من
د عن نصف الكيكلويد ص د فالماس المذكور يرسم نصف الكيكلويد
د ب . فاذا نزل ثقل معلق بخيط ملتصق على ص د ورسم د ب يكون
نزوله من د الى ب مثل تد حرجه على سطح د ب غير معلق لانه واضح
ان شد الثقل في الخيط معلقاً به بنزوله في ب د مثل ضغطه على السطح
ب د بنزوله غير معلق . وهكذا يقال في نزول الرقاص في نصف قوس
خطره

١٢٨ قد يصطنع الرقاص احياناً حتى يخطر في كيكلويد
بتعليق ثقل في طرف خيط اين معلق بمسار عند ملتقى نصفي
كيكلويد طوله طول احد النصفين . فيكون وقت خطره
مفردة: وقت السقوط في نصف طول الرقاص :: ١:٣٢١٤١٥٩
ليعلق الخيط ص ب في مركز الحركة ص حيث يلتقي نصف الكيكلويد
ص د وص ي . وليكن طول الخيط ص ب - طول ص د او ص ي

فحسب (رقم ١٢٦) الثقل μ يرسم الكيكلويد د ب ي وبموجب (رقم ١٢٦)

شكل ٦٤



وقت النزول في ط ب من اى نقطة كانت مثل ط : وقت النزول في
 ا ب :: نصف المحيط : القطر وتضعيف السابقين تكون النسبة هكذا
 وقت النزول في خطرة مفردة : وقت السقوط في نصف طول
 الرقاص :: ١ : ٢٢١٤١٥٩

١٢٦ لما كانت النسبة المذكورة في اخر الرقم السابق تصح ابداً لاي
 نقطة ابتدئ* بالنزول منها فكل خطرات رقاص الكيكلويد تتم في اوقات
 متساوية مهما كان طول كل خطرة. ولكن ذلك لا يصح في منحى اخر خلاف
 الكيكلويد . غير ان قوساً صغيراً جداً من كيكلويد عند النقطة السفلى ب
 واضح انه يطابق قوس دائرة مركزها عند ص . فاذا خطر رقاص في
 اقواس صغيرة جداً يصح ما قيل بالتجربة . وهوانه في رقاص دائرة اقواس
 غير متساوية ايضاً يمر فيها الرقاص في اوقات متساوية . وان وقت خطرة
 الى وقت السقوط في نصف طول الرقاص كسبة ١ : ٢٢١٤١٥٩ . ولهذا
 السبب رقاص ساعة فلكية يعلق بمركز الحركة منها حتى يخطر في اقواس
 صغيرة

١٣٠ لاجل وضع قواعد لمعرفة طول الرقاص ووقت

خطرة مفردة منه وقوة الجاذبية

افرض و- وقت خطرة رقاص و ط طولة اي البعد من مركز الحركة
الى مركز الخطران فوق السقوط في نصف طوله - $\frac{1}{2} \left(\frac{w}{g} \right) - \frac{1}{2} \left(\frac{w}{g} \right)$
وافرض م - 14109 وج - $16 \frac{1}{2}$ فتكون النسبة هكذا
و: $\frac{1}{2} \left(\frac{w}{g} \right) : م :: ١ : ١٠$ او - $\frac{1}{2} \left(\frac{w}{g} \right) - و ط - \frac{1}{2} \left(\frac{w}{g} \right)$
فاذا عرف طول الرقاص يستعلم وقت خطرة واحدة . ومن الجهة
الاخرى اذا فرض وقت خطرة يستعلم منه طول الرقاص
ويخرج لنا من العبارة ايضا ان و ط اولنا هذه القاعدة

الوقت الذي فيه يخطر رقاص خطرة يتغير كالجذر المالى
من الطول . وذلك بطابق ما نقرر (رقم ١١٩)

وكما ان و ط كذلك ط و . فاذا ان كان طول رقاص
يخطر ثواني يساوي ط فرقاص يخطر مرة في ثانيتين يساوي ط واخر
يخطر اناصاف ثواني يساوي $\frac{1}{2} ط$ وقس عليه

ثم اذا فرض طول رقاص يخطر في وقت مفروض تستعلم قوة الجاذبية
ح . لانه اذا كان ط - $\frac{1}{2} \left(\frac{w}{g} \right)$ تكون ج - $\frac{1}{2} \left(\frac{w}{g} \right)$ وان تغيرت ج كما تتغير في
اعراض مختلفة واعالي مختلفة تكون ط - $\frac{1}{2} \left(\frac{w}{g} \right) \propto ج و$. وان كان الوقت
كثانية مثلاً ثابتاً فان ط $\propto ج$ فلنا هذه القاعدة

طول رقاص يخطر ثواني يتغير كقوة الجاذبية او الجاذبية
تتغير كطول رقاص

ايضاً و ط اي وقت خطرة يتغير بالاستقامة كالجذر المالى من

الطول وبالقلب كالمحذر المالي من الجاذبية . وذلك يطابق ما قيل
(رقم ٧٧) .

لما كان عدد الخطرات ع في وقت مفروض يتغير بالقلب كوقت خطرة
واحدة فإذا ع ∞ ط $\frac{1}{\infty}$ اوع ∞ ط بالقلب وج ∞ ط ع . فإذا كان الوقت
وطول رقص مفروضين فلنا هذه القاعدة

قوة الجاذبية تتغير كمربع عدد الخطرات

١٣١ لما كانت الجاذبية تتغير كطول رقص او كمربع
عدد خطراته كما نقرر في الرقم السابق وبموجب (رقم ٢١) تتغير
بالقلب كمربع البعد عن مركز الارض فطول رقص مع بقاء
الوقت لخطرة مفردة او مربع عدد الخطرات مع بقاء الطول
كلٌّ منها يتغير بالقلب كمربع البعد عن مركز الارض . فمن
هذه النسبة نتوصل الى معرفة علو مكان عن سطح الارض او
نصف قطر الارض غير الاستوائي كالذي عند القطبة لانه
يقصر عن الاستوائي بالابتعاد عن خط الاستواء الى نحو احدى
القطبتين الى ان يصير الاقصر هناك

لنفرض ك - علو جبل و - نصف قطر الارض وج - القوة على سطح
الارض وو - وقت خطرة مفردة لرقاص هناك وج - القوة على الجبل
وو - وقت خطرة له هناك وخ - عدة الخطرات على سطح الارض في
ساعة وخ - عدة الخطرات التي يخسرهما الرقص في ساعة على راس الجبل

فتكون χ - χ عدة المخاطر على رأس الجبل فلنا
 ($\text{مر} + \text{ك}$) : $\text{مر} : \text{مر} : \text{خ} : (\text{خ} - \text{خ})$ او
 $\text{مر} + \text{ك} : \text{مر} : \text{خ} : \text{خ} - \text{خ}$ وبالطرح
 $\text{ك} : \text{مر} : \text{خ} : \text{خ} - \text{خ}$ او
 $\text{ك} - \frac{\text{مر}}{\text{خ}}$

ولما كانت χ كمية صغيرة جدًا بالنظر الى χ لا يحصل خطأ يعبا به
 بجذها من العبارة الأخيرة فتصير
 $\text{ك} - \frac{\text{مر}}{\text{خ}}$

فلنا هذه القاعدة وهي . لكي تعرف علو مكان من اختلاف
 عدد خطرات رقاص اضرب نصف قطر الارض في خسارة
 عدد المخاطر في وقت مفروض كساعة واقسم المحاصل على
 خطرات الوقت المفروض

فاذا فرضنا رقاصاً يحترق في خسر ينقل الى رأس جبل ثانية واحدة
 في الساعة تكون عبارة علوه $\text{ك} - \frac{60 \times 60}{\pi} = 1 \frac{1}{4}$ ميل . واذا فرضت
 خسارته 2 يكون علو الجبل $2 \frac{1}{2}$ او 2 فعلوه $2 \frac{1}{2}$ الخ

ثم لنفرض مر - نصف قطر الارض الاستوائي و مر نصف قطرها القطبي
 وط طول رقاص مفروض وقت خطره كثانية عند خط الاستواء وط -
 طول رقاص يحترق خطرة في نفس وقت الاول فلنا ما مر

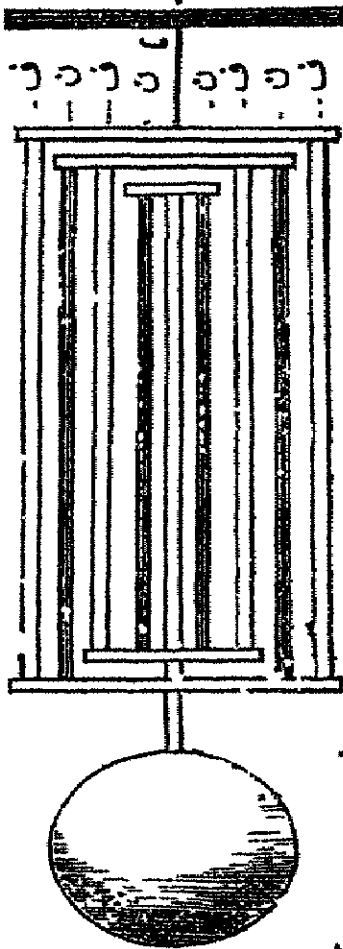
$$\text{ط} : \text{ط} : \text{مر} : \text{مر} \quad \text{او} \quad \text{مر} - \frac{(\text{ط} - \text{مر})}{\text{ط}} \text{ وط} = \frac{\text{ط} - \text{مر}}{\text{مر}}$$

فاذا عرف طول رقاص يحترق في وقت خط الاستواء وطول اخر
 يحترق في وقت عند القطب ونصف قطر الارض الاستوائي يمتعلم القطبي او

بالقلب فتقصر الساعة عند ما يطول صيفاً وتسبق عند ما يقصر
شتاءً بنسبة جذور الأطوال. فلاجل ازالة هذه المخدور قد اخترع
رقاص يضبط الوقت تماماً فلا تطوُّله الحرارة ولا تقصره البرودة
وهو من المخترعات اللطيفة

ولييان ذلك نقول انه قد وجد بالامتحان ان نسبة تمدد النحاس

شكل ٦٠



الاصفر الى تمدد الفولاذ هو كنسبة ٦١:١٠٠
اذا كانا متساويين طولاً فيقتضي ان يكون
النحاس ٦١ عقدة مثلاً والفولاذ ١٠٠ عقدة
لكي يزيد طول النحاس بمقدار زيادة طول
الفولاذ او ينقص بمقدار نقصانه . فاذا ارتفع
النحاس حيثثر وهبط الفولاذ يبقى طول
الرقاص على حاله . ليكن ر رقاصاً ولتكن
القضبان الخمسة المدلول عليها بالحرف ف
فولاداً والاربعة التي عليها الحرف ن نحاساً
ولتكن م مركز الحركة فييان واضحاً من الرسم ان
قضبان الفولاذ بالحرارة تطول الى اسفل فتطيل
الرقاص بينما تلك التي من نحاس ترتفع الى
اعلى فتقصره لكونها ثابتة في الاسفل وبالبرودة
تقصر هذه الرقاص وتطوله تلك وقد جعل

طول التي ترفع الرقاص الى طول التي تنزل كنسبة ٦١:١٠٠ فيرتفع
بمقدار ما يهبط بالحرارة او يهبط بمقدار ما يرتفع بالبرودة فيبقى محفوظاً على

طول واحد ولا تختلف هذه خطراته بل يحفظ الوقت بكل تدقيق . واول
مخترع لهذا الرقاص رجل اسمه هرسون انكليزي فاحرم اكراما زائدا بشأن
هذا الاختراع باعطاء جائزة معتبرة

مسائل في الرقاص

س^١ ما هو طول رقاص بخاطر ثواني حيث الجسم يسقط $16\frac{1}{2}$ قدماً
في الثانية ج ٣٩٠١١ عقدة
س^٢ اذا كان طول رقاص بخاطر ثواني ٣٩٠١١ عقدة فكم يقتضي ان
يكون طول رقاص بخاطر عشر خطوات في الدقيقة ج ١١٧٠٣٣ قدماً
س^٣ في لندن طول رقاص بخاطر ثواني ٣٩٠١٢٨٦ عقدة فما هي السرعة
التي للجسم ساقط في اخر الثانية الاولى اعني ج
ج ٣٣٠١٩ قدماً
س^٤ نقلت ساعة دقاقة تضبط الساعات من خط الاستواء الى القطبة
فكانت تسبق ١١٢٨٤٤ في الساعة ونصف قطر الارض الاستوائي ٧٩٢٥٤٥
ميلاً فكم هو القطر القطبي ج ٧٨٩٩٤٥ ميلاً

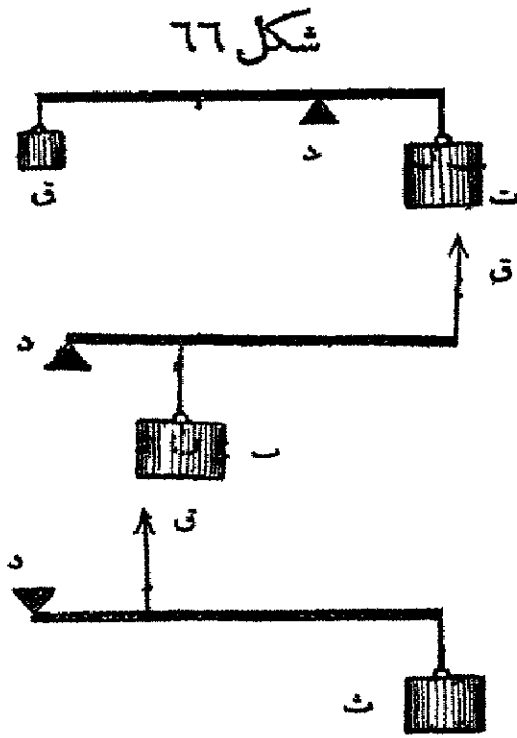
الباب الثالث

في الميكانيكات وفيه ستة فصول وخاتمة

الفصل الاول

في الخلل والقبان والميزان

١٢٣ علم الميكانيكات هو البحث في ما يتعلق بالالات .
وميكانيكات كلمة منسوبة الى ميكانيكا لفظة يونانية معناها آلة
ان الات تقسم الى قسمين بسيطة ومركبة فالبسيطة
ويقال لها ايضاً القوت الميكانيكية ست وهي الخلل والدولاب
والبكرة والسطح المائل والبرغي والسفين . والمركبة هي ما تركيب
من اكثر من واحد من هذه الستة . وعند المحصر يمكن ان تجعل
نوعين وهما الخلل والسطح المائل لان مرجع الكل اليها كما سيأتي .
اما الخلل فهو عصاً من حديد او من مادة اخرى توضع على نقطة
لكي يتحرك طرفاها حول تلك النقطة كهرتز حركة ويقال لتلك
النقطة دارك ويقال لجزئي الخلل الواقعين على جانبي الدارك



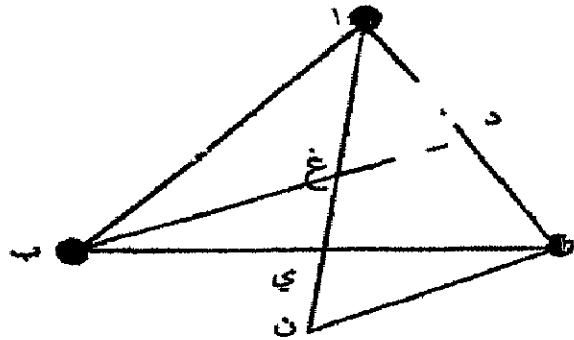
ذراعه. ثم أن المخل ينقسم الى
ثلاثة انواع النوع الاول ما كان
فيه الدارك بين القوة والثقل .
والثاني ما كان فيه الثقل بين
القوة والدارك . والثالث ما
كانت فيه القوة بين الثقل
والدارك كما ترى في هذه الرسوم
حيث يدل ق على القوة ود على
الدارك و ث على الثقل في الثلاثة

١٣٤ انه لو اوضح انه اذا رفع مخل من الصنف الاول ثقلاً
بقوة ما فلا يد ان تلك القوة توازن ذلك الثقل والأفلا يرتفع
فتكون نقطة الدارك عبارة عن مركز الثقل للجسمين
النسبة الكائنة بين القوة والثقل اذا توازنا على مخل هي كنسبة
بعد احدهما عن الدارك الى بعد الاخر بالقلب او كذراعي المخل
بالقلب كما مر في مركز الثقل

وبرهان ذلك ليكن ا و ب وس ثلاثة اثقال متساوية متصلة بشرايط
ملتقي في مراكز ثقلها على هيئة مثلث . فواضح ان مركز الثقل لجسمي ا وس
هو في منتصف ا س لكونها متساويتين . لنفرض د المنتصف اوصل بين
د و ب فاذا وضع مثلث ا ب س على حرف مستطيل ينطبق خط د ب

عليه يتوازن ا ب س لكون ا وس يوازنان في د ب يوازن نفسه ايضاً
لكون د ب قد مرّ على مركز ثقله .

شكل ٦٧



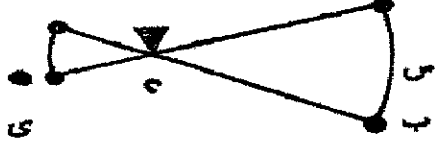
وهكذا يقال ان ا ب س يتوازن
على خط ا ي اذا فرض ي منتصف
س ب والامر واضح ان غ ملتقى خط
د ب و ا ي هي مركز الثقل للمثلث . س
اخرج ا ي الى ن وارسم س ن يوازي

د ب . ولما كانت زاوية س ي ن - غ ي ب وس ي - ي ب وس ن ي -
المتبادلة لها ب غ ي فالمثلث س ي ن - غ ي ب (اقليدس ق ٢٦ ك ١)
وخط ن ي - ي غ ا ي ان ي غ - $\frac{1}{2}$ غ ن . وانما خط د غ المتوازي لخط
س ن لانه ينصف ا س في د ينصف ا ن ايضاً في غ ا ي غ - غ ن
(اقليدس ق ٢ ك ٦) . وقد تبهرن ان غ ي هو نصف غ ن فيكون نصف
غ ا ايضاً . ثم لكون الضغط على نقطة ي هو بمقدار مجتميع ثقل ي ب وس فاذا
وضع ب وس عند ي ووصل بشرط بين ي و ا فلا يحصل فرق في الكيس
بل يوازنان الجسم ا على دارك عند غ . وانما ب + س - ا فاذا حسبنا
ي ا مخلاً و غ داركاً والجسم ا يكبس بمقدار قوة عنده وكان الثقل عند ي
مضاعف القوة عند ا تكون غ ا ضعف غ ي وعلى هذا الاسلوب يبرهن انه
اذا كان الثقل عند ي ثلاثة اضعاف القوة ا يكون ا غ ثلاثة اضعاف غ ي
وهلمّ جرّاً

انّا نسبة الثقل : القوة :: بعد القوة عن الدارك : بعد الثقل عنه
واعلم انه لا يحصل فرق في البرهان بين ان يكون ا وب وس اجساماً
مستديرة او غير مستديرة لانه اذا كانت غير مستديرة تجعل مراكز ثقلها
عند ا وب وس زوايا المثلث كمركز المستديرة
ولنا برهان آخر لذلك وهو . افرض ا قوة وب ثقلاً ود داركاً بينهما .

فإذا دارب الى س حول المركز د في ثانية يتحرك ا الى ي في نفس الوقت

شكل ٦٨



اي في ثانية فيكون زخم ا - ا X اي وزخم

ب - ب X ب س ومن حيث ان ا وب

قد فرض كونها متوازيتين فيكون زخم

الواحد مساوياً لزخم الاخر اذا ا X اى - ب X ب س فنسبة

ا : ب :: القوس ب س : القوس اى

ولكن ب د : ا د :: القوس ب س : اى القوس

اذا ا : ب :: ب د : ا د

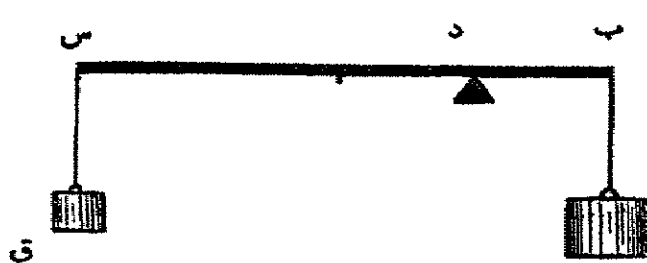
اي ان القوة الى الثقل كبعد الثقل عن الدارك الى بعد القوة عنه

فيكون ا X ا د - ب X ب د ولذلك بحسب ا X ا د زخماً للجسم ا وب

X ب د زخماً للجسم ب اذا اعتبرنا زخم احدها مع زخم الاخر

لنفرض ان القوة - ق (شكل ٦٩) والثقل - ث وب د - بعد الثقل عن

شكل ٦٩



الدارك و د س - بعد

القوة عنه في المخل الاول

فحسبها تبهرن نسبة

ق : ث :: ب د : د س

ونحويل هذه النسبة

تصير ق - $\frac{ق \times د س}{د س}$ او د س - $\frac{ث \times د س}{ق}$ او ب د - $\frac{ث \times د س}{ق}$

$\frac{ق \times د س}{ث}$ فاذا عرفت ثلاثة من هذه الاربعة وجهلت الرابع منها كان يستخرج

بحسب هذه العبارات

١٢٥ ثم في هذا النوع من المخل الضغط على الدارك = مجموع

الثقل والقوة لانها مستقران عليه كما اشرنا الى ذلك في البرهان

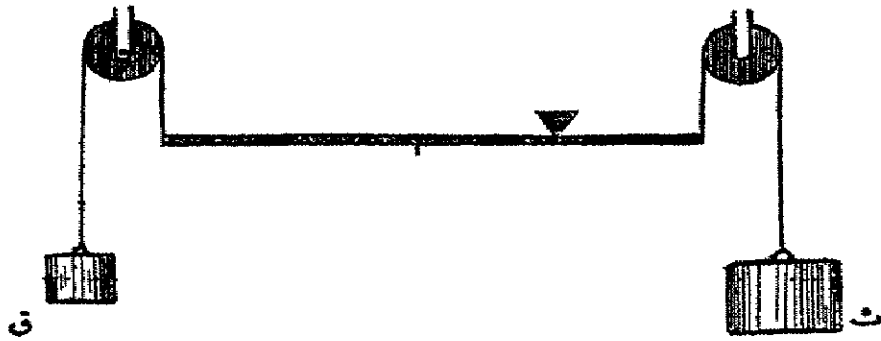
على النسبة المذكورة قاننا وهي $ق : ق :: دس : بد$ وبجمع هذه النسبة تصير نسبة $ق + ق : ق :: دس + بد : بد$ وإذا فرضنا $د =$ الثقل الضاغط على الدارك يكون $د = ث + ق$ وإنما $دس + بد = ب = س$ أي طول المخل كله وبالتعويض تصير النسبة الأخيرة

$د : ق :: ب : س$ وهكذا

يبرهن أن نسبة $د : ث :: ب : س$: $دس$

أي نسبة الثقل الضاغط على الدارك : واحد من الثقل والقوة :: طول المخل : بعد الدارك عن الآخر

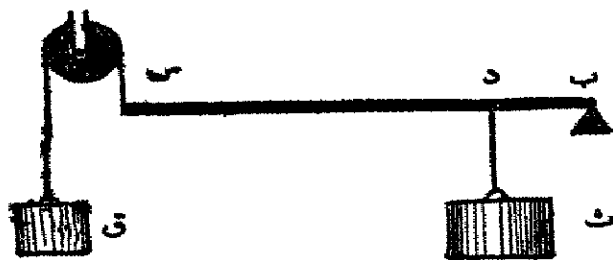
١٢٦ ولا فرق في ذلك بين أن يكون ضغط المخل على الدارك إلى شكل ٧٠



أسفل كما مر أو إلى أعلى إذ يكون الدارك فوق المخل كما ترى (شكل ٧٠) فانه يتبين بالبرهان السابق نفسه صحة النسبة المذكورة أي أنه إذا توازن الثقل والقوة فنسبة أحدهما : الآخر :: بعد الآخر عن الدارك : بعد الأول عنه

ويتبرهن أيضاً كما تبرهن سابقاً إلى نسبة الثقل الضاغط على الدارك :
 احد الثقل والقوة :: طول المخل : بعد الدارك عن الآخر
 تنبيه . يجب أن يلاحظ أنه إذا تحرك ذراعاً المخل معاً في جهة ضغط
 المخل على الدارك كما إذا انتوى ذراعاًه محمولاً على ظهر دابة وتحرك معها الثقل
 والقوة فالدارك يحمل أكثر من الثقل والقوة إذ يحمل حينئذ زخم كل منهما
 أما النوع الثاني والنوع الثالث من المخل فتصدق عليهما النسبة المذكورة

شكل ٧١



عينها . لأنه إذا نظرنا إلى النوع
 الثاني كما في (شكل ٧١) يرى
 واضحاً أن الثقل هنا كالدارك
 الضاغط إلى أسفل فوق المخل
 في النوع الأول من المخل

(شكل ٧٠) والدارك ب هنا الضاغط إلى أعلى كالثقل هناك
 فإذا وضعنا ث هنا موضع د هناك وب موضع ث كذلك

فلنا (رقم ١٢٥ و ١٢٦) ث : ق :: ب : ب :: ب : د

و ث : ب :: ب : ب :: ب : د

فترى من ملاحظة هاتين النسبتين أن الثقل والقوة نسبة أحدها :
 الآخر :: بعد الآخر عن الدارك : بعد الأول وهي ذات النسبة المذكورة
 للمخل الأول

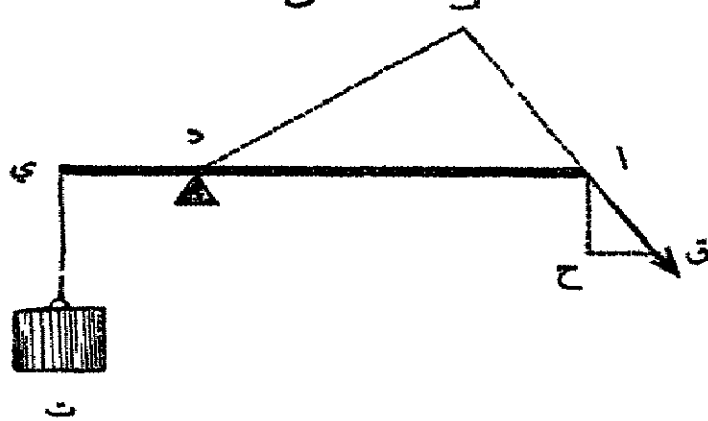
وعلى هذا الأسلوب يمكن أن يبرهن أن هذه النسبة تصدق على المخل
 الثالث . وعلى كل حال يظهر أنه كلما ابتعدت القوة عن الدارك توازن
 ثقلاً أعظم . لأنه مع بقاء ق وب د يتغير ث في الأولى من النسبتين
 المذكورتين كتغير ب س وهكذا في نسبة المخل الأول والثالث

١٢٧ يجب أن تلاحظ جهة القوة والثقل . فإن جعلت

جهتها القوة والثقل مع المخل زاويتين متساويتين وإلا فلا تصح
النسبة المذكورة بل تكون القوة : الثقل :: عمودي من الدارك
على جهة الثقل : عمودي منه على جهة القوة

مثالة ليكن اى مخرلاً موازياً لسطح الافق دارك د ولنفعل القوة ق
في هذا المخل على جهة اق غير العمودية ولنفعل الثقل على جهة عمودية ي ث.

شكل ٧٣



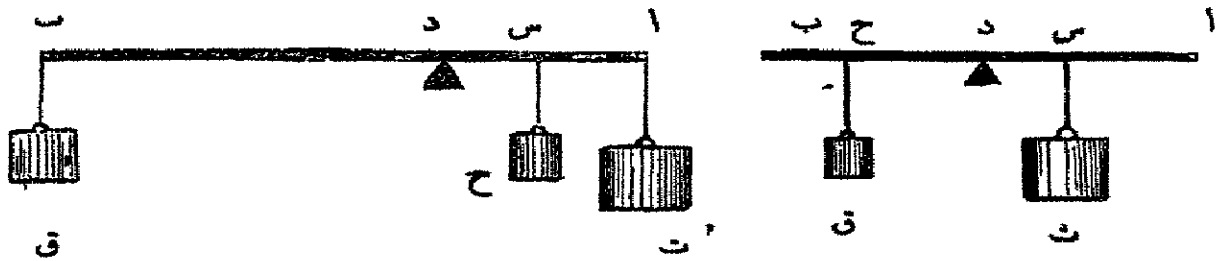
اخرج اق الى ب واجعل د ب
عمودياً عليه ومن ق ا رسم خط
ق ح موازياً للافق وارسم ا ح
عموداً عليه فتكون اق قد
انحلت الى قوتين ا ح و ح ق
وتكون ا ح هي الفاعلة ضد
الثقل ث وبالموازنة يكون لنا

بموجب نسبة المخل ا ح X ا د - ث X ي د وانما ا ح ق و ا ب د متساويتان
لكونها قائمتين و ب ا د - ا ق ح الداخلة المتقابلة فمثلاً ا ب د و ا ح ق
منشابهان ونسبة ا ق : ا ح :: ا د : ب د وتحويلها تصير ا ح X ا د - ا ق X
ب د وقد بينا ان ا ح X ا د - ث X ي د فانما ا ق X ب د - ث X ي د
وقد جعل ا ق للدلالة على القوة فتكون القوة مضروبة في العمودي من
الدارك على خط جهتها بعد اخراجها - الثقل X بعده عن الدارك اي نسبة
ق : ث :: ي د : د ب . فانما اذا كان ذراعاً المخل خطين منحنين او ليسا
على استقامة واحدة يوجد طولها اللذان تصدق عليهما النسبة برسم عمودين
من الدارك على جهتي القوة والثقل

ويجوز ان نحول القوة عند ق الى قوة فاعلة عند ح عمودية على سطح

الافق بهذه النسبة ا ق : ا ح :: القوة عند ق : القوة عند ح ثم تجري النسبة بموجب نسبة المخل . ولا يخفى ان هذه الطريقة اسهل عند اعتبار ثقل المخل
 ١٣٨ فيما مر لم نلتفت الى ثقل المخل وكنا نحسبه خطأ هندسياً
 لا ثقل له . ولكن اذا اعتبر ذلك وكان ذراعاه غير متساويين
 فلا يعرف الدارك الحقيقي بنسبة المخل المذكورة لان الذراع
 الاطول يساعد القوة على ان تقيم اكثر من الثقل المفروض فيجب
 ان يكون الدارك اقرب قليلاً للقوة عن مكانه الذي يستخرج
 بالنسبة وسياتي الكلام على معرفة الدارك الحقيقي . وانما اذا جعلنا
 ذراعي المخل متوازنين ووضعنا الثقل والقوة على جانبي الدارك
 فلا يحصل خلل في النسبة

فاذا كان الدارك د منتصف ا ب (شكل ٧٣) وعلقنا بالمخل ثقلاً
 مثل ث عند س وثقلاً اخر مثل ق عند ح و ازن ق تصدق حينئذ
 شكل ٧٣ شكل ٧٤

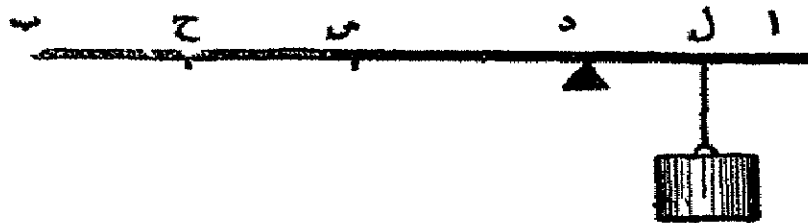


نسبة المخل وهي ث : ق :: ح : د : د س اي ث \times س د - ق \times ح د . وذلك
 لان المخل قد توازن في د فلا يميل مع القوة ولا يميل مع الثقل فكأنهما تعلقا
 على خط هندي . ومثل ذلك اذا علق ثقل مثل ح على الذراع الاقصر

ا د في نقطة مثل س كما في (شكل ٧٤) بحيث اذا رفع ث وق يتوازن
المخل ا ب في ه بواسطة الثقل ح فلا غلط في النسبة لما مر وقيل ان نعرف
المدارك الحقيقي يجب ان نجد عبارة ثقل المخل

١٢٦ اما طريقة معرفة ثقل المخل فهي كما يأتي . لنفرض ان ا ب
مخلاً وضعه على دارك عند د حتى يكون ذراعاه ا د و د ب غير متساويين
ثم علق ثقلاً مثل ق حتى يجعل المخل ا ب موازياً في نقطة مثل ل واجعل
د س - ا د واقسم س ب الى نصفين في ح . فلا يخفى ان الثقل ق عند توازن
المخل يكون قد وزن ثقل س ب فضلة الذراعين لان ا د و د ب متساويان
فهما متوازنان واما مركز ثقل س ب فهو في المنتصف ح فكأنه علق من ح

شكل ٧٥



ثقل - س ب ووازنة ق افرض ثقل س ب - ث فحسباً مرق X ل د -
ث X ج د وإنما ح د - س د + ح س وهما نصفاً جزئي المخل ا س و س ب
فتكون ح د - نصف المخل كله - $\frac{1}{2}$ ا ب فتكون ق X ل د - $\frac{ث \times ا ب}{2}$ و ث -
 $\frac{ق \times ل د}{ا ب}$ اي ثقل فضلة ذراعي المخل اذا توازن في الثقل ق - ضعف ذلك
الثقل X بعدد عن الدارك + طول المخل

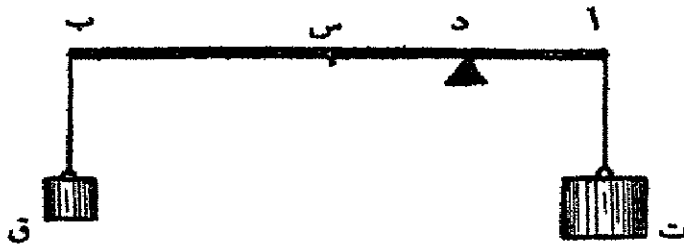
وانما اثقال اسطوانات ذات ثخن واحد تتغير كمواضعها فلنفرض ان
ثقل المخل ا ب - ك وكما تقدم ثقل س ب - $\frac{ق \times ل د}{ا ب}$ فيكون لنا هذه النسبة
 $\frac{ق \times ل د}{ا ب} : ك :: ب : س : ا ب$ وبالنحويل ك - $\frac{ق \times ل د}{ب س}$

اي اذا توازن المخل بثقل معلى عند نقطة في الذراع الاقصر يعرف ثقل المخل بضرب مضاعف ذلك الثقل في بعده عن الدارك وقسمة المحاصل على فضلة طولى الذراعين . ولا يحصل فرق في العبارة اذا فعلت القوة ق الى فوق وضغط الدارك الى تحت فوالحالة هذه يبرهن العبارة على الاسلوب المذكور

١٤٠ اما الدارك الحقيقي فيعرف بان تصيف نصف ثقل المخل الى كل من الثقل والقوة ثم نقول احدهما مع نصف ثقل المخل :
الاخر معه :: بعد الاخر عن الدارك : بعد الاول

ولبرهان ذلك لنفرض ا ب محلاً يتوازن عليه ث وق على الدارك

شكل ٧٦



(شكل ٧٦) . اجعل

د س - ا د ف كما مر

يجب ان يوازن الذراع

ا د للذراع ب د لكي

تصح النسبة وعلى ذلك

يقتضي ان نحذف من ث كمية توازن س ب فلنفرض تلك الكمية - ك

ولنفرض ثقل المخل - ث فحسب ما تقدم ث - $\frac{ك \times ا د}{س ب}$ او ث - $\frac{ك \times ا د}{ب د - ا د}$

و $\frac{1}{2}$ ث $\times (ب د - ا د) - ك \times ا د$

وك - $\frac{\frac{1}{2} ث \times (ب د - ا د)}{د}$

وقد قلنا انه يجب طرح ك من ث لكي تصح النسبة اي ث - ك : ك :

:: ب د : ا د

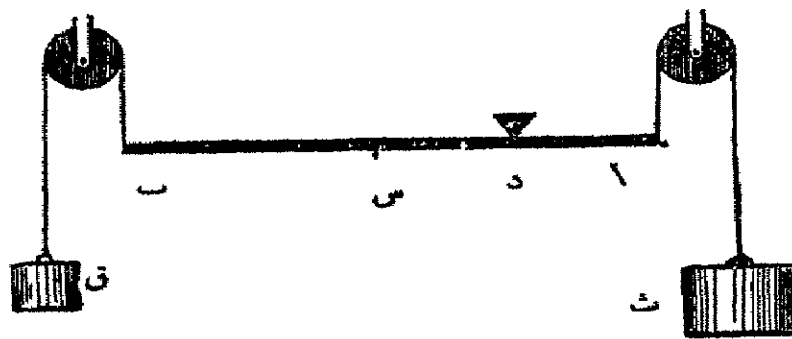
وتحويل النسبة نصير ا د \times ث - ا د \times ك - ق \times ب د

وبالتعويض عن قيمة ك تصير $ا د \times ث - \frac{1}{2} ث \times ب د + \frac{1}{2} ث \times د$
 $\times ا د - ق ب د$

وبالنقل تصير $ا د \times ث + \frac{1}{2} ث \times ا د - ق \times ب د + \frac{1}{2} ث \times ب د$
 أو $ا د \times (ث + \frac{1}{2} ث) - (ق + \frac{1}{2} ث) \times ب د$

وبحل هذه المعادلة الى نسبة $ث : \frac{1}{2} ث : ق + \frac{1}{2} ث :: ب د : ا د$
 اي لكي نجد الدارك للنوع الاول من الخل مع اعتبار ثقل جرم الخل
 يجب ان يضاف نصف ثقل الخل الى كل من الثقل والقوة على حدة ثم
 نجري النسبة على ما تقدم

١٤١ ثم انه يجب طرح نصف ثقل الخل من كل من الثقل
 والقوة ايضاً اذا كانا يفعلان الى فوق والدارك يضغط الى اسفل
 مثالة في (شكل ٧٩) اذا توازن الخل ا ب في د تصدق النسبة ولكن
 بما ان دب اطول من ا د بمقدار س ب يشد ثقل س ب ضد ق فلا تصدق
 شكل ٧٩



مالم يطرح من ق كمية توازن س ب فلنفرض تلك الكمية ك وثقل الخل
 ث فحسباً تقدم

$$ث - \frac{ك \times ب د}{س ب} = ا و ث - \frac{ك \times ب د}{ب د - ا د}$$

$$\text{وك} - \frac{\text{ث}^2}{\text{ب} \times \text{د}} \times \frac{\text{ب} \times \text{د} - \text{ث}^2}{\text{ب} \times \text{د}}$$

وبالنسبة ق - ك : ث :: ا د : ب د

وب د × ق - ب د × ك - ث × ا د

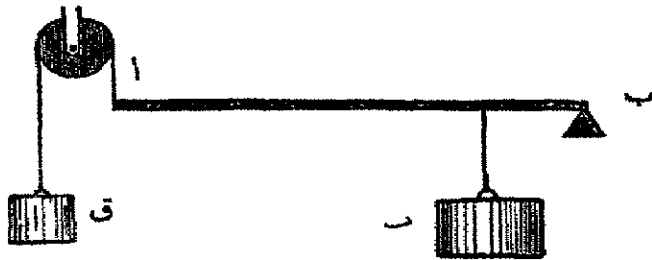
وبالتعويض عن قيمة ك ب د × ق - ½ ث × ب د + ½ ث × ا د - ث × ا د

وبالنقل والفك ب د (ق - ½ ث) - ا د (ث - ½ ث)

وبالنسبة ق - ½ ث : ث :: ا د : ا ب

١٤٣ واما النوع الثاني من المخل فلنفرض ان ا ب مخلا من هذا

شكل ٨٠



الصف الفوق فيه عند ا

والثقل عند د والدارك

عند ب (شكل ٨٠).

فلا يخفى ان الثقل يشد

الى اسفل والقوة والدارك

الى اعلى ولذلك يكون الدارك فيه عوض الثقل في المخل الذي قد ذكر قِيل هذا والثقل هنا عوض الدارك هناك . فاذا اعتبرنا ثقل المخل وفرضناه ث كما مر وفرضنا الضغط عند الدارك - ب يكون لنا ما مر

$$\text{ب} - \frac{\text{ث}^2}{\text{ب} \times \text{د}} \times \frac{\text{ب} \times \text{د} - \text{ث}^2}{\text{ب} \times \text{د}}$$

وبجمع النسبة تصير ب + ق - ث : ق - ½ ث :: ا ب : ب د

وانما تكون القوة والدارك بجملان ثقل المخل والثقل معا يكون

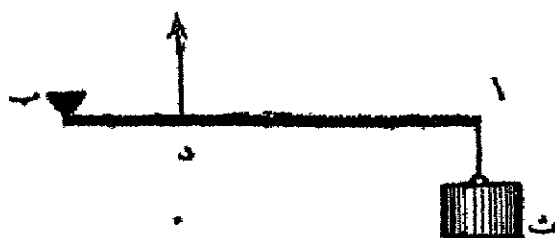
$$\left\{ \begin{array}{l} \text{ق} + \text{ب} - \text{ث} + \text{ث} \\ \text{اوق} + \text{ب} - \text{ث} - \text{ث} \end{array} \right. \text{ويكون ث : ق} - \frac{\text{ث}^2}{\text{ب} \times \text{د}} :: \text{ا ب} : \text{ب د}$$

اي يجب ان يطرح من القوة فقط نصف ثقل المخل

لكي تصح النسبة في النوع الثاني من المخل

١٤٣ أواما النوع الثالث من الخلل كذا الرسم. قلنفرض ان القوة تفعل عند

شكل ٨١



د في الوسط فهي بمنزلة الدارك الذي يفعل الى فوق في الخلل الاول والضغط على الدارك مثل القوة هناك ولنفرض ان الضغط على الدارك = ب فمن نسبة الخلل

$$ب + \frac{1}{2} ث : ث : \frac{1}{2} ث + ث :: ا : د :: ب : د$$

وبجمع النسبة ب + ث + ث : ث + ث : $\frac{1}{2} ث + ث :: ا : ب :: ب : د$

وانما تكون القوة هنا حاملة ضغط الدارك والثقل وثقل الخلل معا يكون

$$ب + ث + ث - ق فبا لتعويض يكون ق : ث + \frac{1}{2} ث :: ا : ب :: ب : د$$

اي يجب ان يضاف في الخلل الثالث نصف ثقل الخلل الى

الثقل فقط لكي تصح النسبة

ولا يخفى انه اذا شد عند الموازنة الاوسط الى اعلى يشد ما

على الطرفين الى اسفل وبالعكس ولنا من ذلك قاعدة عمومية

لتصح النسبة في اي نوع كان من الثلاثة احوال وهي اذا كان الاوسط

يشد الى اعلى يجب ان يضاف الى كل مما على طرفي الخلل نصف

ثقل الخلل والعكس بالعكس

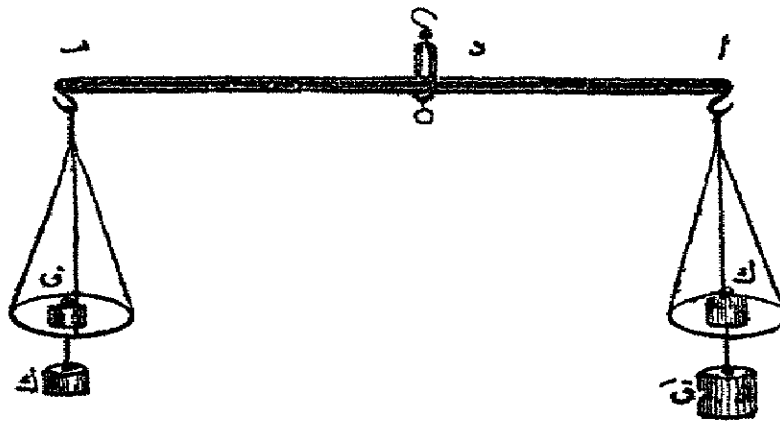
١٤٤ في الميزان والقبان. اما الميزان فهو آلة لمعرفة ثقل

المواد وهو من النوع الاول من الخلل بحسب العيار فيه قوة

والموزون ثقلاً ويجوز العكس والمسار فيه الذي يدور عليه

الميزان هو الدارك. وإذا كان يقصد فيه مساواة العيار بالموزون
ليعرف الثاني من الأول فلاجل ضبط الوزن فيه يجب أن يكون
ذراعاه متساويين تمامًا في الطول والوزن وأن يتوازن كفتاه حتى
يجعلا الذراعين على موازنة سطح الأفق. ولا يحصل خطأ في الوزن
لأنه ما مريظهر جلياً أن ثقلاً على الذراع الأطول يوازن أكبر
منه على الأقصر وبالعكس وهذا النوع من الميزان يقال له ميزان
الغش وبالأصطلاح الدارج الميزان الذي يأخذ ويعطي. فلنجد
الوزن الحقيقي إذا وزنا ثقلاً في كفتي ميزان كهذا أضرب وزنه في
أحدى الكفتين في الوزن في الأخرى وخذ الجذر المألي من
حاصلها

لنفرض أن أ ب ميزاناً قبه د وأد أقصر من د ب وزن فيه ك فوازن
شكل ٨٢

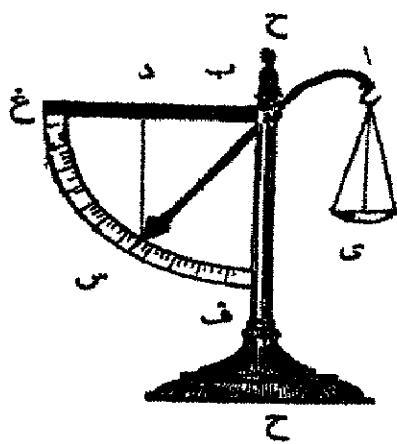


ق العيار على الذراع الأطول الذي هو أصغر منه لما لا يخفى ثم رُفعا كلاهما

ووضع ك في الكف الثاني ووازن ق الذي هو أكبر منه فحسبها مرك : ق :
 ب د : ا د وك - $\frac{ق \times ب}{ا د}$ وايضا ك : ق : ا د : ب د وك - $\frac{ق \times د}{ب د}$
 وبضرب هاتين العبارتين تصيران ك - ق \times ق وك - $\frac{ق \times ق}{ق \times ق}$
 اى يوجد الوزن الحقيقي في ميزان غش لموزون ما بوزنه في كل من كفتي
 الميزان ثم باخذ الجذر المالى من حاصل الوزنتين

١٤٥ يوجد انواع كثيرة من الميزان جميعها مصنوعة على المبدأ المذكور.

شكل ٨٣



ولنذكر هنا هذا النوع من الميزان المدلول
 عليه بهذا الشكل . فانه يحتوي على مخل منحن
 اب س الحامل طرفه س ثقلاً ثابتاً وهذا المخل
 يدور على الدارك ب الذي هو مسمار مغروز
 في العمود ج ح . والذراع ا معلق الكفة
 ي ب . والربع ف غ المفروض عليه درجات
 متصل بالعمود وعليه يتحرك المخل . من ب ا رسم

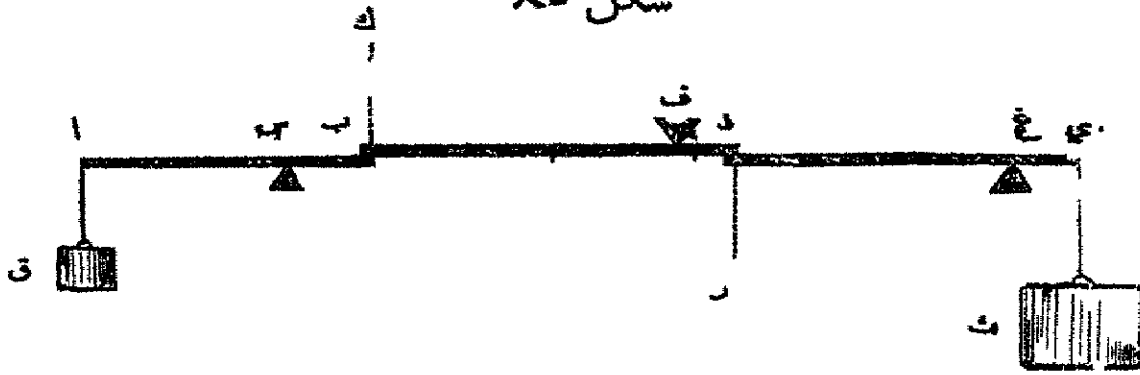
المخطط الموازي للافق غ ك ويرسم عليه العمودين ا ك و د س . فمن ثم ان كان
 ب ك و ب د متناسبين بالقلب كما لثقل في الميزان ي والثقل الثابت س
 فيكون الميزان موازياً (رقم ١٢٧) . ولكن ان لم يكونا كذلك . يتحرك المخل وس
 تبعد عن الدارك او تقرب اليه الى ان تقف حيث يقتضي ان تكون الموازنة .
 وهذا الربع منقسم الى درجات بوضع اوزان معلومة اولاً في اي

١٤٦ اما القبان فهو ايضاً من النوع الاول من المخل ذراعاه

غير متساويين مثل ب س و س د معلق به الثقل ق ليتحرك
 على الذراع الاطول س د حتى يوازن اثقالاً مختلفة معلقة على
 الطرف الاخر ب وهذا الثقل يقال له بيضة القبان

فحسب ما مرّ بدون التفات الى ثقل الذراعين نسبة ق : ث :: ب : س :
 اس اي ث X ب س - ق X ا س وانما ق وب و س مفروضاتها لا
 يتغيران اذا ث و ا س فان جعل س ا ا ب ب س الخ متساوية اي س ب
 - ٢ س ا و س س - ٢ س ا فان وزن ق رطلاً عند آ فيوازن رطلين
 عند ب وثلاثة ارطال عند س وهلمّ جراً. ثم لنفرض ان عصا القبان التي هي
 شكل ١٤

توازن اذا كان ث : ب :: س : د ف * ي غ : ا س : ب ف * د غ .
وذلك لانه اذا فرض انه حصل التوازن وان القوات التي فعل عند ب ود
شكل ٨٥



يدل عليها بحرفي ك و ر فاذن

$$ق : ك :: ب : س : ا س : ا و ك - \frac{ق \times ا س}{ب س}$$

$$ك : ر :: د ف : ب ف$$

$$ر : ث :: ي غ : د غ ا و ر - \frac{ث \times ي غ}{د غ}$$

وبضرب هذه النسب تصير ق : ث :: ب : س : د ف : ا س : ب ف * د غ

اي انه في المخل المركب القوات المتقابلة تكون متوازنة اذ تكون القوة
الى الثقل كنسبة حاصل كل الاذرع على جانب الثقل الى حاصل كل الاذرع
على جانب القوة

$$\text{ثم الضغط على الدارك س - ق + ك - ق + } \frac{ق \times ا س}{ب س} - \frac{ق \times ا ب}{ب س}$$

$$ف - ك + ر - \frac{ق \times ا س}{ب س} + \frac{ث \times ي غ}{د غ}$$

$$غ - ر + ث - \frac{ث \times ي غ}{د غ} + \frac{ث \times د ي}{د غ}$$

ولا تخفى على الفطن ما مر في المخل البسيط معرفة طريقة التصرف اذا
اختلفت جهة القوة وجهة الثقل هنا فتدبر

سوالاب للتمرين

س^١ على طرف واحد من مغل مستقيم طوله سبعة اقدم عُلّق ثقل مقداره ١٠ ارطال وعلى بعد ٥ اقدم من نقطة التعليق وضع دارك فكم يقتضي ان يعلق في الطرف الاخر لاجل حصول الموازنة ج ٢٥ رطلاً

س^٢ مغل من الصنف الثاني طوله ٢٥ قدماً ففي اي بعد من الدارك يقتضي ان يوضع ثقل ١٢٥ رطلاً حتى يقام بقوة تحمل ٦٠ رطلاً فاعلة عند طرف المغل ج ١٢

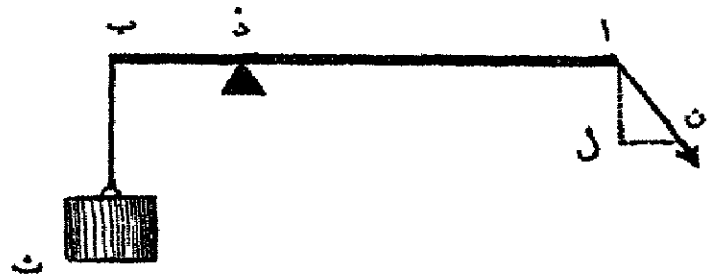
س^٣ مغل مستقيم اسطواناني طوله ١٤ قدماً ووزنه $\frac{3}{4}$ ق ٦ ط طول ذراعه الاطول ٩ والا قصر ٥ اقدم على طرف ذراعه الاقصر علق ثقل ٤ اق ٥ ط فاي ثقل يجب ان يوضع عند طرف الذراع الاطول لبقية بالموازنة ج ٧ ط

س^٤ جسم وزنه ١١ رطلاً في كفة ميزان غش و $\frac{1}{4}$ ق ١٧ ط في كفته الثانية فما هو وزنه الحقيقي ج ٩ ق ١٣ ط
س^٥ زيد وعمر متساويان طولاً حملاً على اكتافهما ثقلًا وزنه قطار ونصف معلقاً على عصا طولها $\frac{1}{2}$ ٩ اقدم والقل موضوع على بعد $\frac{1}{2}$ ٦ اقدم من زيد فكم على كل منهما من الثقل ج زيد حمل $\frac{1}{7}$ ٤٢ وعمر وحمل $\frac{1}{7}$ ١٠٧

س^٦ طول الذراع الاطول من قبان قدمان وعقدتان وطول الاقصر $\frac{3}{4}$ عقدة اوضاع التعليق فيه موضوعة حتى ان ثقل بيضة القبان التي هي رطلان اذا وضعت على الذراع الاطول على بعد ١٠ عقد من نقطة الحركة توازن ٨ ارطال على طرف الذراع الاقصر والبيضة لا يصح ان توضع على بعد اقل من $\frac{1}{3}$ عقدة من الدارك فكم يقتضي ان يكون طول اجزاء التقسيم

لكي تزن اواق وماذا يكون وزن اقل ثقل واعظم ثقل يوزنان عليه
 ج اجزاء التقسيم $\frac{1}{4}$ عقدة . والقبان يزن من رطل الى ٢٠ رطلاً

شكل ٨٦



س مفروض القوة ق

ن - ١٠ ارطال في هذا الرسم

فاعلة بواسطة الخيط ق ن ا

وخط لن العمودي على ال

- ٣ اقدام وان - ٥ اقدام

والذراع ا د - ٦ و د ب - ٢ وثقل الخ ل ٦ ارطال فكم تقيم القوة ق من

الثقل عند ب ج ث - ٣٠ ط

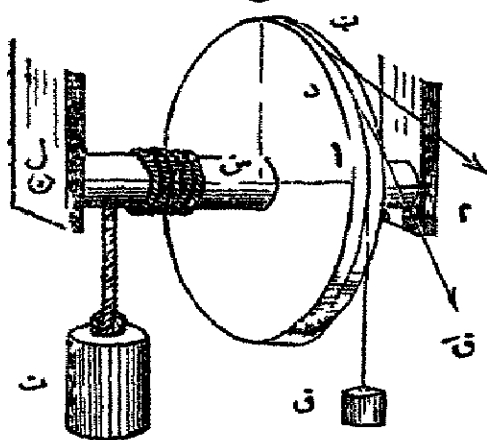
الفصل الثاني

في الدولاب والجزع

١٤٨ اما الدولاب فمعروف واما الجزع او المحور فهو
 اسطوانة داخلية في وسط الدولاب متحدة به اتحاداً محكماً وكلاهما
 يدوران معاً على خط مستقيم يمر بمركزي قاعدتي الجزع هو محور
 مشترك لكليهما . فعند تشغيل هذه الآلة لاجل عمل ميكانيكي
 القوة تفعل على محيط الدولاب في جهة ماس على جانب والثقل
 عند محيط الجزع كذلك على الجانب المتقابل . ولا يخفى ان محور
 الدولاب كدائر الخ ل يدور عليه ذراعاه ونصف قطر الدولاب

ونصف قطر الجزع هما كذراعي المخل الأطول والأقصر والقوة والثقل لا تتغير نسبة أحدهما إلى الآخر ما دامت القوة تمس الدولاب كما سيأتي ولو انتقلت القوة إلى خلاف الجهة المتقابلة : والدولاب والجزع ليسا إلا نوع من المخل دائماً الفعل
ليكن ث (شكل ٨٧) ثقلاً معلقاً بالجزع له قوة Q ان بدورة على خط LM

شكل ٨٧



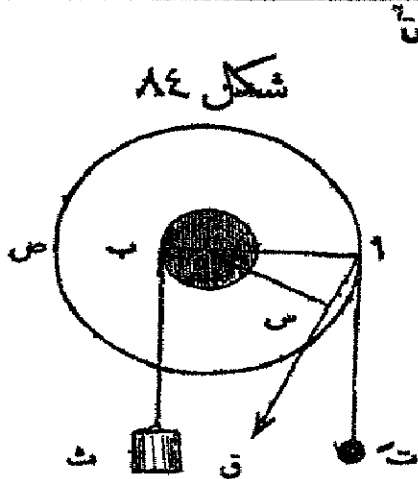
المحور إلى جهة وق القوة الفاعلة على الدولاب لها قوة ان تدبره إلى الجهة المتقابلة. فواضح ان نصف قطر المحور واس نصف قطر الدولاب هما البعدان اللذان يفعل عندها الثقل والقوة وعند الموازنة زخم ث يقتضي ان يساوي زخم ق . فاذا

فرضنا R نصف قطر الدولاب و r نصف قطر الجزع يكون ث $\times R =$ ق $\times r$ او ق : ث :: $R : r$

ان جذب الحبل قوة في جهة ق او ق عوض تعليق الثقل ق بالحبل لكي يضاد الثقل ث فلا يزال ماساً لمحيط الدولاب فتبقى القوة فاعلة على بعد مثل س ا نصف قطر الدولاب لان س د وس ب كل منهما نصف قطر ايضاً ويساوي س ا . والقاعدة المطردة لموازنة هذه الآلة هي

اذا فعلت القوة ماسة للدولاب فنسبة القوة إلى الثقل كنسبة نصف قطر الجزع إلى نصف قطر الدولاب

١٤٩ ان لم تفعل القوة عمودية على نصف قطر الدولاب كما اذا ربط



الحبل عدا وفعلت على جهة منحرفة مثل
اق (شكل ١٤) اذ يدل الشكل على سطح
قاطع الدولاب والمحور فيحسب قانون الحبل
(رقم ١٢٧)

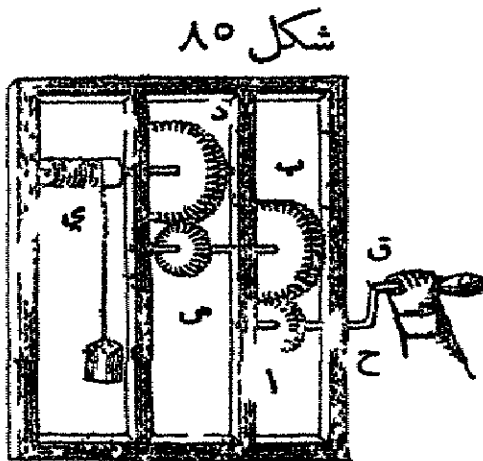
ق : ث :: ب : د :: س : د :: نصف

قطر المحور : نصف قطر الدولاب مضروباً

في جيب الزاوية التي تجعلها ق مع نصف قطر الدولاب

تنبيه . يجب ان يحسب نصف قطر الدولاب ونصف قطر الجذع من
محور الحركة الى مركز الحبل اي يقتضي ان يضاف نصف ثخن الحبل الى
نصف قطر الدابر الملفوف عليه . فلنحسب ث نصف قطر الحبل الذي على
الدولاب وت نصف قطر الذي على الجذع فتكون نسبة الموازنة للدولاب
والجذع هكذا ق : ث :: ر : ت :: ر + ت

١٥. الدولاب المركب . اذا حركت دوليب متتابعة كما



في (شكل ١٥) تسمى التي توصل

الحركة بالمحيط مثل ا و س

الدوايب السائقة والتي تتحرك

مثل ب و د الدوليب المسوقة .

وناموس الموازنة فيها هو القوة الى

الثقل كحاصل انصاف اقطار الدوليب السابقة الى حاصل

انصاف اقطار الدوليب المسوقة

المسكة فح يقتضي أن تحسب من الدولاب المسوقة والجرج ي من
الدولاب السائقة

لفرض نصف قطرب - ر ونصف قطرد - م ونصف قطرا - ر
ونصف قطرس - ر ونصف قطري - ر ونحسب القوة الفاعلة من
الدولاب ا يا بالدولاب ب - ك والتي من س بالدولاب د - ي

ثم ق : ك :: ر : ق ح

ك : ي :: ر : م

ي : ث :: ر : م

إذا ق : ث :: ر : م و ر : ق ح :: م : م
فان تساوت الدولاب السابقة وكذا المسوقة وكانت عدد كل من
الفتين ع تكون

ق : ث :: ر : م

مسائل في الدولاب والجرج

س^١ قوة ١٢ رطلاً توازن قنطاراً على دولاب وجرج طول نصف
قطر الجرج ٦ عقد فما هو قطر الدولاب ج ٨ اقدام و ٤ عقد
س^٢ ث - ٥ قاطير ور - ٤ اقدام ور - ٨ عقد اما الثقل فمعلق
بجبل ثخنة عقدة واما القوة ففاعلة عند محيط الدولاب بدون حبل فاي قوة
تحمل الثقل ج ٨٨٢٥٤ رطلاً

س^٣ اربعة دولاب مسوقة اقطارها ٥ و ٦ و ٧ و ٨ من الاقدام حركت
بقوة ١٥ رطلاً فاعلة عند محيط الدولاب الاول وهذه الدولاب يفعل
احدها على الاخر بواسطة ثلاثة دولاب صغرى قطر كل منها ١٠ عقد

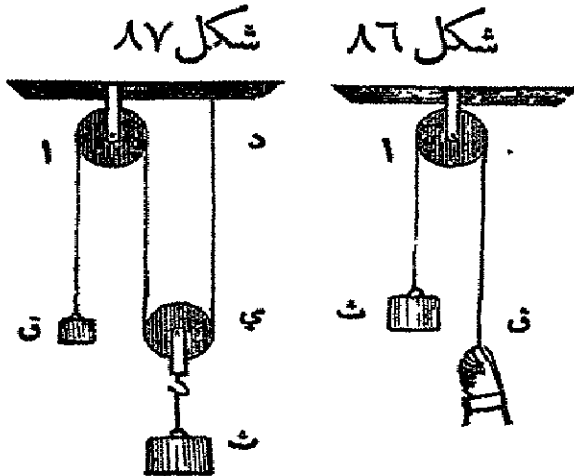
والدولاب الاخير يدبر جزعا قطرة ٤ عقد فاي ثقل بحملة حبل ملتف
على هذا المحور ج ٤٦٦٥٦ رطلاً

الفصل الثالث

في البكرة

١٥١ البكرة هي دولاب صغير محفور محيطه يدور حول محور
مدخل في مركزه وفي طرفي شعبي ساعدة وذلك المحور قد يكون
ثابتاً وقد يكون متحركاً. اما المبدأ الذي عليه ترفع الاثقال بواسطة
بكرة او نظام من بكرات فبسيط جداً كما سيأتي بيانه

فالبكرة المفردة الثابتة كالبكرة (شكل ١٦) المعلق عليها الثقل ث

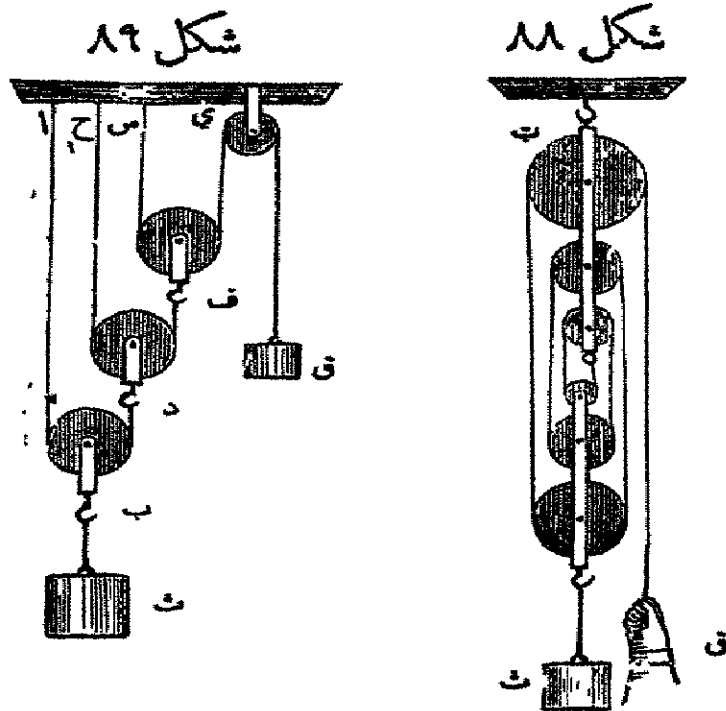


الذي تفعل به القوة ق بواسطة
الخيوط ا ث المار بمحور المحيط لا
فائدة ميكانيكية فيها. وذلك لانه
ان كان الحبل يتحرك بسهولة حول
البكرة فواضح ان الشد على جانب
واحد متساو له على الجانب الاخر
وبالتسوية ان القوة يقتضي ان

تساوي الثقل الذي تحمله والفائدة الوحيدة لهذا النوع من البكرة هي ان قوة
مفروضة يمكن ان ترفع او تحرك ثقلاً مفروضاً على اسهل مراس بتغيير الجهة

الفاعلة عليها القوة. اما الضغط على محور البكرة افواضح انه يساوي $ق + ث$
 ١٥٢ ولكن ان رفع ثقل مثل ث القوة $ق$ كما في (شكل ٨٧) فاعلة
 على خيط مار على بكرة متحركة $ي$ كما على بكرة $ا$ فالامر واضح اذا ان هذا
 الثقل يحمل بخطين $ا$ $ي$ ودي. واذا كان معلقا من البكرة $ي$ فلا بد ان
 يفعل هذان الحبلان على بعدين متساويين من ذلك المركز وبالضرورة
 لا بد ان كل خيط يحمل نصف الثقل. وانه لو اوضح انه مها رفع الثقل $ث$
 بالخيط $ا$ $ي$ فلا بد ان يرتفع بالقوة $ق$ الفاعلة على خيط يتحرك بسهولة على
 البكرة الثابتة $ا$. فاذا اذا حصلت موازنة تكون $ق - \frac{1}{2} ث$ او $ث - ٢ ق$
 اي نسبة $ق : ث :: ٢ : ١$. اما الضغط على الحلقة $د$ فهو $\frac{3}{2} ث$ او $ق$ وعلى محور
 البكرة $ا - ق + \frac{3}{2} ث - ٢ ق$

١٥٣ وعلى هذا المبدأ يفعل نظام يمر خيط واحد حول كل البكرات



فيه كما في (شكل ٨٨) لانه واضح ان الثقل $ث$ معلق بكل الخيطان عند
 البكرات السفلى فان كان عدد هذه الخيطان $ع$ فكل خيط يحمل $\frac{ث}{ع}$ من

الثقل ولكن لما يكون متوازنة فهما كأن الشد على كل من هذه الخيطان التي تحمل الثقل يكون الشد نفسه على الخيط الذي تفعل عليه القوة . فإذا قـ $\frac{1}{2}$ ث اوثـ عـ ق اي ق : ث :: ١ : ع حيث ع عدد الخيطان على البكرات السفلى او مضاعف عدد البكرات المتحركة . واما الضغط على الوض

ب فظامرانة يساوي ق + ث - ق + ع - (١ + ع) ق

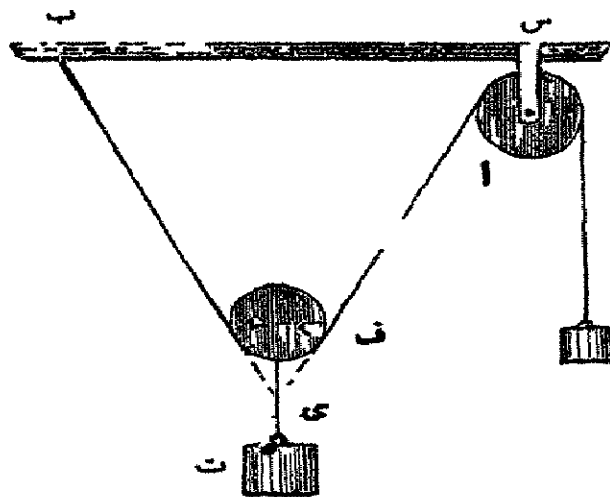
١٥٤ واذا لم يمر الخيط نفسه حول كل البكرات كما في (شكل ١٩) ولكن كل بكرة لها خيط وحدها مثل س في مح د ف ا ب د الخ يلتف عليها ومربوط بالحلقات اح س الخ فالنسبة بين ق و ف تجري على اسلوب آخر وبيانه لما كان الخيط س ف ي يمر على بكرة واحدة متحركة

فحسب ما مرّ ق : الثقل المحمول بالبكرة ف :: ١ : ٢

ونسبة الثقل الذي بحملة ف : الثقل الذي بحملة د :: ١ : ٢

ب اعني ث :: ١ : ٢

اي ان ق : ث :: ١ : ٢ $٢ \times ٢ \times ٢$ الخ :: ١ : ٢ $٢ \times ٢ \times ٢$ اوثـ عـ ق اذ تكون عدد البكرات المتحركة . وفي هذا النظام من البكرات الضغط على الحلقة $١ - \frac{1}{2}$ ث - $\frac{1}{2} \times ٢ \times ٢ \times ٢$ شكل ٢٠



ق - $٢ \times ٢ \times ٢$ ق وعلى الحلقة

ح - $\frac{1}{2}$ الضغط على ا -

$\frac{1}{2} \times ٢ \times ٢ \times ٢$ ق - $٢ \times ٢ \times ٢$ ق

ق الخ والضغط على البكرة

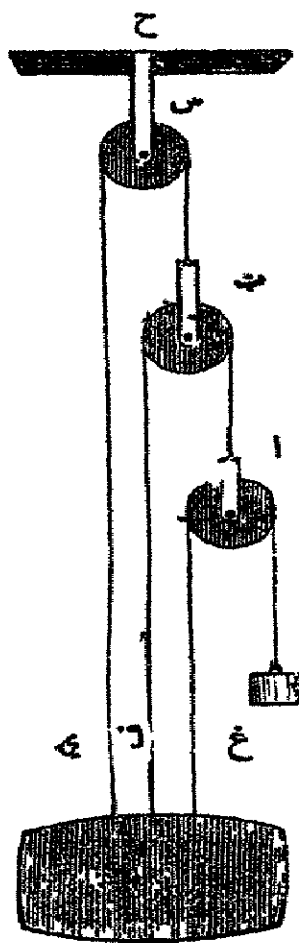
ي - ٢ ق

١٥٥ قد حسبنا في

ما مضى الخيطان فاعلة

بحيث يوازي احدها للآخر . ولكن لنفرض ان القوة ق كما في (شكل ٢٠)

شکل ۲۱



فلنفرض أنه يوجد في هذه الحال موازنة والقوة
تعمل على خيط يمر على البكرة ١ فالحالة هذه الامر
واضح ان الضغط على تلك البكرة - ٢ ق اي ان
الخيط ب ١ يحمل جزءا من الثقل - ٢ ق ولذا
هذا السبب اذ كان الخيط ف ب يتحرك بسهولة
على البكرة ب ف الخيط س ب يحمل ٤ ق الخ

فإذا اقسام الثقل التي تحملها الخيطان $ا غ ب ف س ي الخ هي$
 $ق و اق و ائق و الخ$ وبالتيجه يكون $ث - ق + اق + ائق - (ا - ائق) \times ق$
 اذ تكون ع عدد الخيطان المربوطه في الثقل
 فإذا $ق : ث :: ١ : ا - ائق$

ثم ان الضغط على نقطة التعليق ج - ق + ث - ق + (١ - ٤٢)
ق - ٤٢ ق

تنبيه . يجب الالتفات الى ثقل الحبل في الدولاب والى ثقل البكرات
والحبال في البكرات والابحاصل خلل في الحساب يجعل ارتباطاً وتشكيكاً في
القواعد المتقدمة ولا تخفى طريقة ذلك على الفطن

مسائل في البكرة

س١ جسم ثقله ٥٦ رطلاً وازنته قوة - ٧ ارطال بواسطة نظام بكرات
فيها يلف على كل بكرة خيط (شكل ٨٩) فما هو عدد البكرات المتحركة
ج حسب ما مر ق (٧) : ث (٥٦) :: ١ : ٤٢ و ث - ٤٢ × ق
وبالتعويض ٥٦ - ٤٢ × ٧ وبالقسمة ٨ - ٤٢
وبالانساب ن - ٨ - ٢ × ع و $\frac{١٥}{٢٢}$ - ع - ٢ اي عدة البكرات - ٢
س٢ اية قوة يقتضي ان تحمل ثقلاً مقداره ٨٧ رطلاً ٢٢ قنطار في نظام
من عشر بكرات مصنوع حسب الشكل الاخير حيث كل الخيطان مربوطة
في الثقل ج $\frac{٢}{٢}$

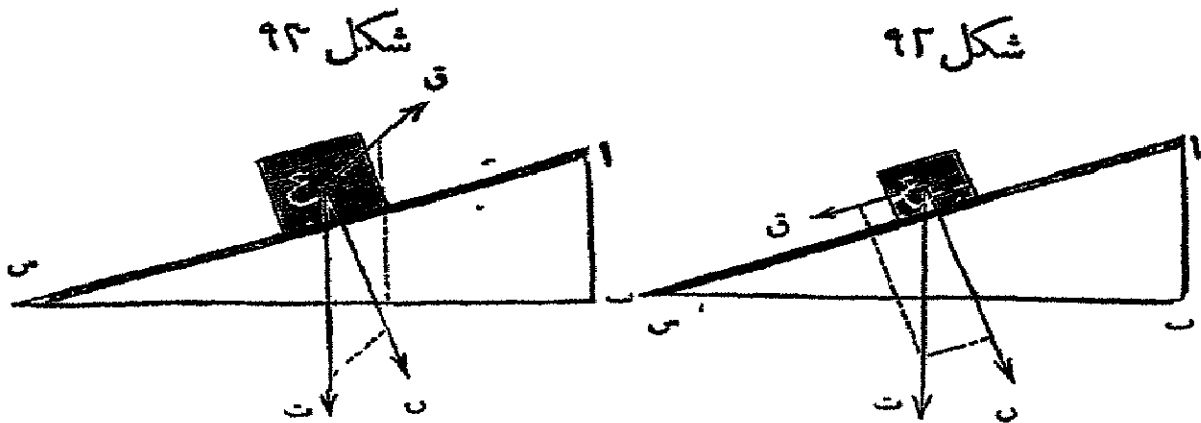
الفصل الرابع

في السطح المائل

١٥٧ قد تكلمنا قليلاً عن السطح المائل في بداية ايضاح

الرقاص والان نشرح عنه باكثر تفصيل فنقول

السطح المائل هو سطح مستطيل مائل على سطح الافق وزاوية ميله عليه اقل من قائمة . ويفرض له طول وهو الخط المستقيم في سطحه الموصل بين حده الاسفل والاعلى عموديا عليها وعلوه وهو الخط المرسوم من طرف طوله الاعلى عموديا على سطح



الافق وقاعة وهي الخط الموازي لسطح الافق الموصل بين طرف طوله الاسفل وعلوه . وفائدته انه يحل جاذبية الاجسام او ثقلها الى مركبتين فيقتضي لجرها عليه الى اعلى قوة تقاوم احدهما فقط عوض ان تقاوم كل الجاذبية او الثقل لرفعها بدونه

ليدل ث على ثقل الجسم ع على السطح المائل اس (شكل ٩٢) . حله الى ف متوازية للسطح ومن عمودية عليه فالقوة ن تدل على ضغط الجسم على السطح الذي يساوي رد فعله (رقم ١٠٤) وق القوة التي بها ينحدر على السطح

افرض ت - الزاوية س ميل السطح فاعلم ان ن - بت - ثم ق -
ث X جت ون - ث X نجت

افرض ق قوةً يجذب بها الجسم عند ع (شكل ٦٣) فتسكة فيجب ان تكون مقاومة المسطح نتيجة ث وق ولنسلك

ق : ث : ج : ع : ن : ق : ا : و : ج : ن : ج : د : ق : ع : ن

وان فعلت التوبة على موازاة السطح تكون ق ع ن - ٩٠° ولما

ق : ث :: جت : جو^{۹۰} :: اب : اس

فان فعلت القوة على موازاة السطح المائل وهو الاكثر وقوعاً

فالقوة الى الثقل كعلو السطح المائل الى طوله

وان فعلت القوة على خطٍ بوازي قاعدة السطح تكون ق عن - ٩٠° - ت ونسبة ق : ث :: ج ت : نج ت :: ا ب : س ب . فان كانت جهة القوة متوازية للقاعدة

فالقوة الى الثقل كعلو السطح المائل الى قاعدته

١٥٨ القوة تكون اعظم فعلاً حينما تفعل متوازية للسطح

من النسبة ق : ث :: جث : جق ع ن نستخرج هذه المعادلة

$$\text{ث} = \frac{\text{ق} \times \text{جق ع ن}}{\text{جث}}$$

ولما كانت ق و ج ت مفروضين يتغير ث كجب ق ع ن الذي هو
الاعظم ما يكون حينما ق ع ن - ٩٠ اي حينما الزاوية تفعل في خط يوازي
السطح

فان نقصت زاوية ق ع ن اوزادت عن ٤٠° فحيثما ينقص . ويصير

صفرًا حينما تكون ق ع ن - 0° أو 180° بحيث $\theta = 0$ أو لا يرفع ثقل
إذا فعلت القوة في خط ع ن عمودية على السطح
١٥٩ عبارة للضغط العمودي على السطح . من المثلث ق ع ن يتج
لها

ن : ث :: ج ع ق ن : ج ق ع ن

أو ن : ث :: ج ق غ ث : ج ق ع ن

أي ن - ث $\frac{\text{ج ق ع ث}}{\text{ج ق ع ن}}$

فان فعلت القوة في خط متوازٍ للسطح المائل فالزاوية ق ع ث -
 $90^\circ + \theta$ ت وق غ ن - 90° ون - ث $\frac{\text{ج ق غ ث}}{\text{ج ق ع ن}} = \text{ث} \times \text{ن ج ت}$

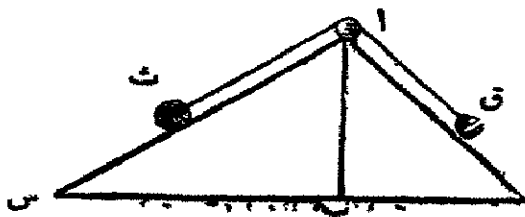
وان فعلت القوة في خط يوازي قاعدة السطح المائل فزاوية ق غ ث - 90°
وق ع ن - 90° - ت ون - ث $\frac{1}{\text{ن ج ت}} = \text{ث} \times \text{ق ا ت}$

وان فعلت القوة في خط عمودي على السطح المائل فزاوية ق ع ث -
ت وق ع ن - 0° ون - ث $\frac{\text{ج ق ع ث}}{\text{ج ق ع ن}} = \infty$

١٦٠ اذا توازن جسمان على سطحين مائلين بواسطة مرسة
مارة فوق المحد بينهما يكون نسبة اصغرها : اكبرها :: طول سطح
الجسم الاصغر : طول سطح الاكبر

ليتوازن ق و ث على السطحين ادواس (شكل ٩٤) اللذين لهما

شكل ٩٤



للعلم المشترك اب بواسطة مرسة

تمر على البكرة الثالثة ا . فقوة

المرسة هي القوة المشتركة التي

تمنع كلاً من الجسمين عن الانحدار

ولما كانت المرسة متوازية لكلٍ من السطحين فاذا فرضنا ق - تلك القوة
يكون

ق : ق : اب : اد :

و ق : ث : اب : اس :

ايه ق : ث : اد : اس :

اي ان الثقلين في حالة الموازنة أحدهما الى الآخر كطول السطح الواحد
الى طول السطح الآخر بالاستقامة

مسائل في السطح المائل

س^١ اذا قدر فرس ان يرفع جسمًا وزنه ٨٨ رطلاً على جهة عامودية
فأي وزن يمكنه ان يرفعه على طريق حديد ميله خمس درجات على سطح
الافق ح ١٠٩٢٧ رطلاً

س^٢ علو طريق حديد على سطح الافق عشرين قدماً في كل ميل
فأية قوة يقتضي ان تهدي جسمًا مفروضاً عليه ج رطل لكل ٢٦٤
رطلاً

س^٣ قوة تهدي ٥٠٠ قنطار على سطح ميله ٣٠' ٧° ولكنها تهدي ٤٠٠
قنطار على سطح اخر فكم يكون ميل السطح الثاني
ج ٢٥' ٢٣ - ٩'

س^٤ قوة عشرة ارطال فاعلة على موازاة السطح تحمل وزناً يقتضي قوة
اثنى عشر رطلاً فاعلة على موازاة القاعدة لكي نحملها فما هو وزن الجسم وما هو
ميل السطح ج ب - ١٨٢٠٩ رطلاً ت - ٢٥' ٢٣' ٢٣°

س^٥ فعلت قوة ميلها على سطح الافق ٧٥° قرفت ٥٠٠ رطلاً على سطح
ميله ٥٠° على سطح الافق فما هو مقدار هذه القوة وكبش الجسم على السطح
ج ق - ٤٢٢٢٦ رطلاً ق - ١٤٢٢٨ رطلاً

الفصل الخامس

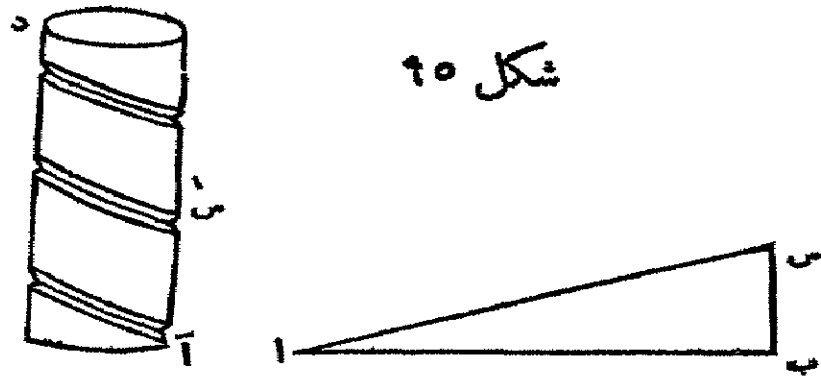
في البرغي

١٦١ البرغي هو خيط او حفر لولبي يلتف حول اسطوانة يقطع كل الخطوط على سطحها المتوازية لمحورها ويجعل معها زاوية واحدة . والخيط اللولبي قد يصنع على السطح المحدب لاسطوانة برغي وقد يكون على المقعر اذا كانت مجوفة لكي يدخل فيها البرغي المذكور وتدخل خيطانه بين خيطانها . وبحسب ذلك يقال للاول البرغي الخارج وللثاني البرغي الداخل او الذكر والانثى . وفعل البرغي قد يكون برفع ثقل وقد يكون بما يشبهه كالكبس بالمكابس والملازم فيحسب الكبس ثقلاً

١٦٢ خيطان برغي تحسب سطحاً مائلاً والبعد بين خيطين متواليين منه علو ذلك السطح ومحيط اسطوانة البرغي قاعدته

مثالة ليلتف السطح المائل ا ب س (شكل ٩٥) حول الاسطوانة د ا التي محيطها يساوي قاعدته ا ب فالنقطة ب تدور الى النقطة آ وتقع نقطة س على س والخطاس يتبع خيط البرغي على سطح الاسطوانة الى س ملتقاه بخط آ س الموازي محور الاسطوانة . وهكذا يمكن ان يلتف سطح آخر مثله فوقه

ولهلم جراً . ولما كان الشد على البرغي على جهة توازي القاعدة عند فتله



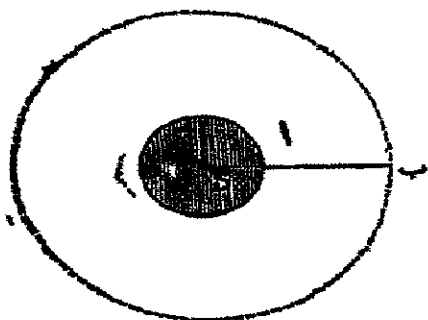
فاذا كبس ثقل في اسفله على الخيطان فالتقوى اللازمة لحصول الموازنة فيه هي مثل التقوى المتوازنة لقاعدة السطح المائل التي يقتضيها لذلك .
لتكن ر نصف قطر الاسطوانة دأ وم - ١٥٩ ٤١ ٢ فيكون محيطها ٢م ر . ولتكن ع البعد بين الخيطان اي البعد من اي نقطة كانت من دورة واحدة الى النقطة المتقابلة من الدورة الثانية الذي يوازي محور الاسطوانة
فتكون ٢م ر قاعدة السطح المائل وع علوه . فاذا (رقم ١٥٧)
ق : ث :: ع : ٢م ر اي

القوة الى الثقل كالبعد بين خيطين مقيساً على موازاة المحور الى محيط البرغي

١٦٣ اذا اجتمع الخلل مع البرغي كما يحدث غالباً فنسبة القوة الى الثقل كالبعد بين الخيطان مقيساً على موازاة المحور الى المحيط الذي ترسمه القوة

مثاله ليكن اف (شكل ٩٦) قطع برغي وافرض ب س محلاً من الجنس الثاني يدبره . فالدارك عند س والقوة تفعل عند ب وكبس الخلل

شكل ٢٦



الذي يحسب ثقلًا هو عند ١ - احسب
ذلك الكبس كـ وعـ البعد بين الخيطان

اذن ق : ك :: ا : د :: ب : د

و ك : ث :: ع : ٢م × ا د

وبالتركيب والمحط لنا

ق : ث :: ع : ٢م × ب د

تنبيه . البرغي نوعان برغي اليمين وبرغي اليسار . اما الاول فهو ما
يلتف خيطه حول اسطوانته صاعدًا من اليسار الى اليمين واليد اليمنى
تديره الى جهة تقابل جهة الصدر وهو الاكثر استعمالاً . واما الثاني فهو
عكسه وهو لا يستعمل الا اذا كان موجب خصوصي لاستعماله كما اذا كان
برغيان في حية بخار يقتضي احدهما ان يفتح والاخر ان يسد في وقت واحد
فيلزم ان يكون حيثئذ احدهما برغي اليمين والاخر برغي اليسار . والطرف
اليسار من محور دولابي عرباية يقتضي ان يكون برغي اليسار والا يخشى ان
يجل بفرك الدولاب عليه

مسائل في البرغي

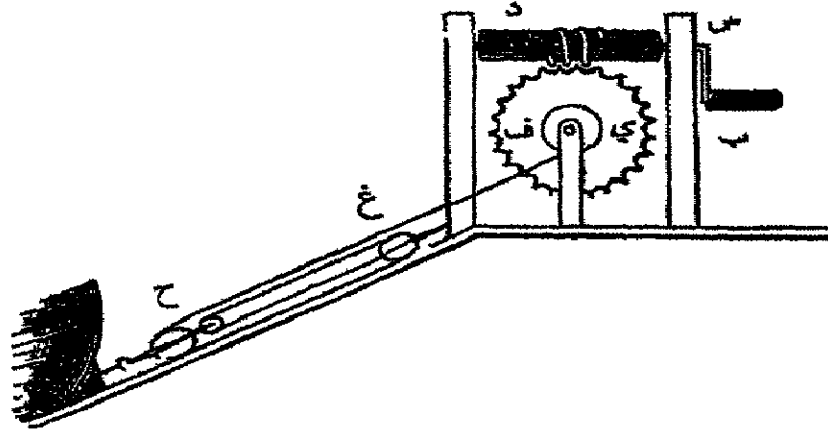
س١ البعد بين خيطان برغي قيراط وبعد العصا الذي يدبر البرغي
عن المحور ذراعاً والقوة ١٥ رطلاً فما هو الثقل والكبس

ج ٢٢٦١٠٩٤

س٢ طول عصا الخيل الذي يدار به البرغي ٢ اذرع محسوباً من المحور
وق - ٦٠ رطلاً و٥ - ٢٢٤٠ رطلاً فما هو البعد بين الخيطان

ج ١٢٠١١٧ قيراط

س إذا ارى دفع سفينة الى البر بآلة مركبة من الخمل واللولب والدولاب
والمحور والبكرة والسطح المائل (شكل ٩٧) ومفروض ب س - ١٨ عقدة
شكل ٩٧



والبعد بين خيطين على س د - عقدة ونصف قطر الدولاب - قدمين
ونصف قطر الاسطوانة ف - ٦ عقد وغ بكرة ثابتة وح متحركة وميل السطح
- ٣٠°. فان فعل رجل بقوة تساوي ١٠٠ رطل فكم تكون القوة الناعلة في
السفينة ج ١٦٨ ١٤١ ١١٩ ٦١ ٣٦ رطلاً

الفصل السادس

في السفين

١٦٤ السفين هو موشور مثلث جانبان من جوانبه يلتقيان
عند زاوية حادة جداً. وهو يستعمل لرفع ثقل كسطح مائل بادخاله
من تحته ودفعه بالضرب عليه او لتفريق جزئي جسم بادخاله

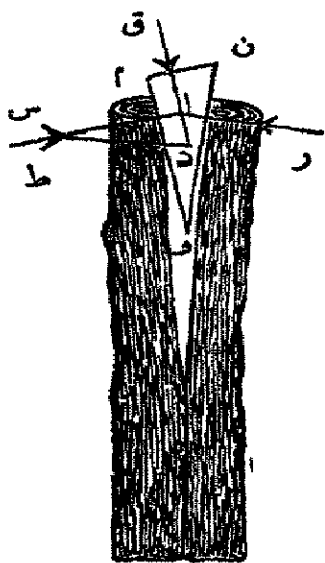
بينها وتتريله بالضرب عليه. وكل ضربة هي قوة تجعل كبساً جسيماً
لوقت قصير كافياً ان يغلب مقاومة عظيمة

١٦٥ تحصل الموازنة في السفين متى كانت القوة الى المقاومة
على احد الجانبين كنسبة ظهر السفين الى ذلك الجانب

اذا لم تكن جهة الضربة او القوة عمودية على ظهر السفين يجوز ان
نفرضها انحلت الى قوتين احدها عمودية على ظهر السفين والاخرى متوازية
له. اما الاخيرة فلا فعل لها. وذلك يقال في المقاومة على الجانبين فعلى
كل جانب يلزمنا ان نعتبر احدي المركبتين فقط وهي العمودية على ذلك
الجانب من السفين

ليكن م ن و (شكل ٩٨) قطع سفين عمودياً على جوانبه فالخطوط

شكل ٩٨



ق ا و ط ا و را المرسومة عمودية على
الجوانب الثلاثة ترينا جهات القوات
التي تمسك السفين بالموازنة. لنحسب ا د
يدل على القوة ا رسم د س يوازي را فلما
المثلث ا د س الذي اضلاعه تدل على هذه
القوات. ولكن ا د س يشبه م ن و لكون اضلاع
الواحد عمودية على اضلاع الاخر. فاذا
حسبنا القوات ق ط ر تكون النسبة هكذا

ق : ط :: م : ن و

و : ق :: ر : م ن و

اي القوة الى احدي المقاومتين على الجانبين كعرض ظهر السفين الى

طول جانب تلك المقاومة

فان كان المثلث متساوي الساقين فالمقاومتان متساويتان كما يلاحظ من النسبة والقوة الى احدى المقاومتين كعرض الظهر الى طول الجانب وان مس السطحان المقاومان جانبي السفين كل في نقطة واحدة فقط فاذا رُسم ط ا و را في تقاطع الماسة فلا بد ان يلاقيا ق في نقطة واحدة (رقم ٨٢) والأي دور السفين حتى يستقر وجهه على الجسم المقاوم في نقطتين او أكثر

تنبيه - غالباً تزداد فاعلية السفين بانحدار فعلا مع فعل المخل اذ كان المكان الذي يؤثر عنده السفين على بعينه عن النقطة التي يرسل اليها الفعل

خاتمة

كلام عمومي في الميكانيكيات

١٦٦ قد سبقت الاشارة في الكلام على الميكانيكيات ان انواعها الستة عند المحصر ترجع الى نوعين وهما المخل والسطح المائل . اما الدولاب فواضح ما تقدم ان نصف قطره كالذراع الاطول من المخل ونصف قطر الجذع كالذراع الاقصر والنقطة بينهما عند المحور اذا جعلناها على استقامة واحدة هي كناية عن الدارك . واما البكرات فمن نظري قليل يظهر جلياً ان نصف قطر البكرة التي تلي الثقل منها كناية عن الذراع الاقصر الذي

يلي الثقل في الخل وانصاف اقطار باقي البكرات مجموعها
 كناية عن الذراع الاطول الذي يلي القوة. واما البرغي فليس
 هو الأسطحاً مائلاً كما رايت واما السفين فيرجع الى السطح المائل
 لان جانبيه سطحان مائلان والكبس عليها كناية عن ثقلين والضربة
 على ظهره كناية عن قوة مشتركة للسطحين. فينتج من ذلك صحة
 ما قيل ان الآلات الميكانيكية تنحصر جميعها في الخل والسطح
 المائل. غير ان السطح المائل يشبه الخل لكون طوله وعلوه يجريان
 مجرى ذراعي الخل وفي استعماله لا بد من استعمال الخل او ما اشبهه
 معه

١٦٧ اذا احسن الدارس اعتباراً في الآلات الميكانيكية فلا
 يخفى عليه انه لا يحصل ربح في رفعها الاثقال من حيث ان قوة
 قليلة ترفع ثقلاً اعظم منها لان ما يكتسب من زيادة الثقل على
 القوة تحصل خسارة بمقداره من الوقت فقد يمكن ان يرفع رجل
 بقوة ثقلاً بواسطة الآلات الميكانيكية تقتضي قوة مئة رجل لرفعه
 بدونها ولكن يلزمه من الوقت مئة مرة ما يلزم المئة رجل

مثاله اذا رفع رجل عند اثقالاً عند ب كما في (شكل ٩٩) وكان
 الدارك د حتى يصل الطرف الى ل والطرف ب الى ح والذراع الاطول
 ا د مئة مرة الذراع الاقصر د ب فيقتضي ان القوة ق تمر من ا الى ل بقوس
 ا ل والثقل ث من ب الى ح بقوس ب ح فنسبة ق : ث :: ب د : د ا وانما

لكون القطاع ح د ب يشبه القطاع ا د ل فنسبة ب د : د ا : : ب ح : ا ل

شكل ٢٦



فاذا القوة الى الثقل كنسبة قوس ب ح

الى القوس ال ا ب بمقدار ما يزيد الثقل

على القوة تزيد الفسحة التي تمر بها القوة

على الفسحة التي يمر بها الثقل وبالنسبة يلزم القوة زيادة وقت عما اذا كانت مساوية للثقل بمقدار زيادة الثقل عليها. وهكذا الامر في السطح المائل لانه واضح من نسبته فيما مرانه اذا كانت القوة اقل من الثقل فلكي تسحب على سطح مائل تقتضي وقتا اطول من وقت قوة تساويه تسحب على جهة الجاذبية كما ان طول السطح الذي هو وتر مثلث ذي قائمة اطول من علوه وهكذا يقال في بقية الآلات . فاذا لا يحصل مثقال ذرة رجحا بواسطة الآلات الميكانيكية لان الرمح بتقليل القوة تساويه الخسارة بزيادة الوقت بل ان الخسارة تكون اكثر لانه يضاف الى الثقل عوضا عن فرك الآلة الذي يعيق في رفعه مقدار يبلغ غالبا نحو ثلث القوة . غير ان فائدة هذه الآلات ان بواسطتها يمكن التصرف بحسب المناسبة باستعمالها او عدم استعمالها لان رجلا واحدا عوضا ان يدع تسعة وتسعين رجلا لاعاته في رفع ثقل كما في المثال السابق قد يقصد انماة بنفسه ولو اقتضى الحال وقتا اطول اما لكونه يريد ان يشتغل بنفسه في كل الوقت او لكونه لا يقدر ان يحصل فعلة كافية او لكون كثرة الفعلة غير مناسبة للعمل وغير ذلك . وقد يقصد خلاف ذلك لاسباب تقتضيه

١٦٨ ان اعضاء الجسم الانساني الذي هو سبب الحركات والصنائع والاعمال قد صنع الباري اغلبها اختالا من النوع الثاني كالذراع مثلاً فان عظمتيهما المخل والعضلات القوابض التي

تندغم بهما هي القوة لانها عند انقباضها ترفع الذراع. والدارك هو
السطح المفصلي على الطرف السفلي للعضد والثقل هو اليد وما يحمل
بها او هي فقط وهكذا يقال في بقية اعضاء الجسد. والبناء والتجار
والحداد وغيرهم يحتاجون في كل اشغالهم الى استعمال المخل. والذي
يرفع سلماً او يفتح باباً يفعل ذلك على مبدأ المخل. والنخياط الذي
يشك الابرة والشخص الذي يدق وتدّاً في الارض او في حائط
والذي يشقق حطباً يفعلون ذلك على مبدأ السفين. والجبال
الذي يدحرج الحجر الى ظهر جملة على عارضتين من خشب
متصلتين من الارض الى كور الجمل يستعمل السطح المائل لاجل
تسهيل رفع الثقل. وفي الكراخين وبعض الصنائع لا بد من
الدواليب والبكرات والامخال والبراغي التي تستعمل للكبس
او لرفع الاثقال وهلمّ جرّاً
فنرى ان جميع الاعمال والحركات الانسانية متوقفة على المخل او
على ما يشبهه من الآلات الميكانيكية

الباب الرابع

في السائلات وفيه فصلان

الفصل الاول

في الماء الراكد والهيدروستاتك

١٦٩ السائل مادة تتحرك دقائقها بسهولة بعضها بين بعض فتؤثر فيه ادنى قوة تفعل به واذا زالت القوة يرجع الى حاله السابقة

والسائل يقسم الى قسمين مرن وهو ما ينضغط كالهواء والبخار وغير مرن وهو ما لا ينضغط الا قليلاً جداً كالماء والزيت. ويقسم السائل غير المرن الى قسمين راكد ومتحرك. فعلم السائلات الراكدة يعرف بالهيدروستاتك وهو لفظ يوناني معناه الماء الراكد وفيه مجتثنا الان. وعلم السائلات المتحركة يعرف بالهيدرولك وسياتي الكلام عليه عقيب هذا الفصل

١٧٠ السائلات في حال الركود او السكون تنضغط كل

دقيقة فيها من كل الجهات على التساوي . وذلك الضغط
يساوي ثقل عمود منها سعة سعة الدقيقة وعلوه عمقها عن وجه
الماء

لتفرض ا ب (شكل ١٠٠) وعاء فيه ماء و د نقطة صغيرة جداً فيه .

شكل ١٠٠



فيظهر من الشكل ان العمود الضاغط على اعلى

النقطة الى اسفل يضاده كبح عمود من اسفل

الى فوق . والضاغط من اليمين الى اليسار يقابله

عمود يضغط مثله وبوازنة من الجهة المتقابلة الى

اليمين . وهكذا لكل عمود يضغط على النقطة د عمود يقابله من الجهة المتقابلة

وبوازنة ولولا ذلك لدامت دقائق السيل مضطربة . ولكون د صغيرة الى

غير نهاية يكون طول كل من هذه العواميد البعد بين د ووجه الماء

١٧١ قد تقدم الكلام في الثقل النوعي (رقم ٢٩) ان الجسم

اذا وزن خارج الماء ثم وزن داخل الماء فالفرق بين الوزنين

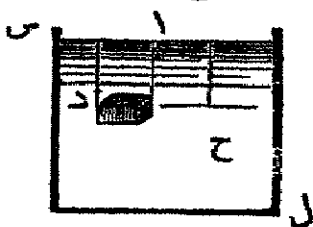
يساوي ثقل مقدار من الماء مساو للجسم المذكور وعلى ذلك بنيت

قاعدة الثقل النوعي ولم تذكر له برهاناً والآن لنوضح ذلك ببرهان

هندي

لتفرض س ل وعاء مملوء ماء والجسم د غرقان فيه والعمود ا د

شكل ١٠١



يضغط فوقه والعمود ا ح الذي قاعدته تساوي

قاعدة الجسم يضغط من اسفل الجسم الى اعلى

فالضغط على الجسم د من اسفل هو بمقدار العمود

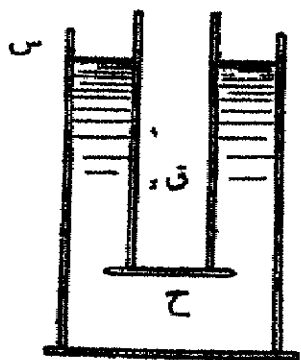
ا ح ولكن الضغط على د من فوقه هو بمقدار

عمود ا د . وإنما الامر ظاهر ان الفرق بين ا ح و ا د يساوي مقدار الجسم فالضغط عليه من فوق اقل من الضغط عليه من اسفل بمقدار ثقل جرم من الماء مساوي لجرم الجسم فيخف بمقدار ذلك . وهذا الامر قد بينه ارخميدس الفيلسوف اليوناني بمثل هذا الاسلوب

بيان ما تقدم انه اذا ارتفع العمود ا د من فوق الجسم د بجيلة اذ يكون في وسط الماء يبقى عليه الضغط من اسفل فقط بمقدار ثقل عمود ا ح فيخف ثقله النوعي جدًا حتى اذا وزن العمود ا ح يعوم في الماء واذا كان اخف منه يطلب الصعود واذا كان اثقل يغلبه وينزل بقوة تساوي مقدار الفرق بين ثقله و ثقل العمود ا ح . واذا كان الجسم عميقًا في الماء فلا يغلب على العمود ا ح لو فر ثقله

١٧٢ وعلى ذلك قد صنع تجربة توضح ما قيل . لنفرض س د وعاء مملوء ماء وق قابلة من زجاج مفتوحة من الطرفين . وج جسمًا ثقله النوعي أكثر من واحد اي هو اثقل من الماء له سطح املس تنطبق

شكل ١٠٢



قاعدة القابلة عليه . فاذا وضعت عليه القابلة وغطس معها في الماء لا يغرق بل يتبع القابلة في صعودها ونزولها . ولا يخفى انه كلما تعمق في الماء يزيد الضغط عليه من اسفله اذ يكون العمود اطول فاذا صب في القابلة ما يمتلئ تملئ او رفع

الجسم ج براس قضيب عن جنب لكي يصير فرصة ليدخل عمود ماء ويملي القابلة ق يهبط عن القابلة الى اسفل الوعاء اذ يرجع ثقله النوعي اعظم . ثم من حيث ان الضغط متساوي من كل الجهات في الماء كما مر فعلى ذلك نقول انه لو كانت القابلة ق من صمغ هندي لبأن ضغط الماء على سطحها بانضمام جوانبها الى بعضها

١٧٣ سطح الماء المحصور في وعاء أو في اين ما يقتضي ان يكون موازياً لسطح الأرض المحدث وذلك ناتج من سهولة حركة دقائقه بعضها على بعض وفعل الجاذبية لنحو المركز. فاذا ارتفع عهود من فوق سطحه تهبط الجزء المرتفع منه بواسطة الجاذبية ويتفرق على كل وجهه حتى يصير موازياً لسطح الأرض كما ان المياه التي تكون على السطح المائل تجري عليه الى اسفل بعلة الجاذبية ولا تقف حتى تجمع ويصير سطحها موازياً لسطح الأرض وذلك لكون الجاذبية في جسم من شأنها ان تحوله الى هيئة كرة اذا كانت مادته سيالة كما مر (رقم ٢٥) ولكن بما ان التحديب في فسحة صغيرة قليل جداً فلا يلتفت اليه ويحسب سطح الماء موازياً لسطح الافق الذي يوازي السطح المماس لنقطته الوسطى. وانما على بعد عظيم يعتد بتحديبه وتهبط الماء عن السطح المماس لنقطته الوسطى وقد حسبوا هبوطه لكل بعد بموجب هذه القاعدة وهي

خذ ثلثي مربع البعد المفروض من الاميال فتعرف علو

التحديب عن السطح المماس للنقطة الوسطى

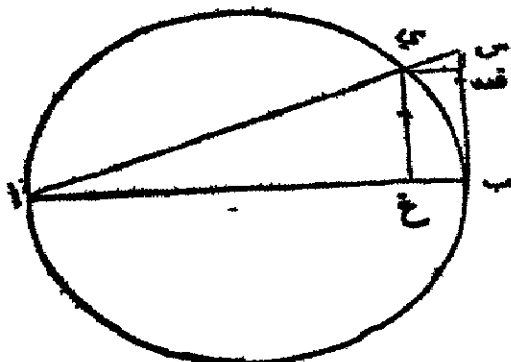
لفرض ف ي في (شكل ١٠٢) هبوط الماء على بعد ب ي . ولابعاد

معتدلة يجوز ان يحسب قوس ب ي مساوياً لوتره اذ كان الفرق بينها شي لا

يذكر فحسب (اقليدس ق ٨ ك ٦) غ ب اوى ف : ب : ب : ب : ب : ب : ب :

فلنرض غ ب الهبوط = ه ب ي البعد - ب تكون نسبة ه : ب : ب :

شكل ١٠٣



اب اي هـ - $\frac{r_1}{r_2}$ ومن حيث ان
 اب اي قطر الارض محسوباً اميالاً
 وبالنسبة الى ب الذي هو ب اميالاً
 ايضاً فنحويلها الى اقدام نصير العبارة

$$= \frac{0.28 \times r_1}{2212} = \frac{0.28 \times r_2}{2212} = \frac{r_1}{r_2}$$

 تقريباً

اذا الهبوط للميل - $\frac{1}{r} \times r_1$ - قدم و ٢ اميال - $\frac{r_1 \times r_2}{r} = 7$ اقدام
 ٢ - $\frac{r_2 \times r_1}{r} = 2$ قدم و ١٠ ميل - $\frac{r_1 \times r_2}{r} = 7777$ قدم

١٧٤ على هذا المبدأ المذكور قد صنع الفادن المائي او الزيتي.
 فقد يصنع احياناً بجفر قناة رفيعة في قطعة من لوح مستوي وملءها
 ماء اوزيبقاً. فاذا وضعت هذه الآلة على سطح واستوى الماء عليها
 يقال ان ذلك السطح مستوي. ولكن الأكثر استعمالاً لهذه الغاية
 فادن العرق. وهذه الآلة مولفة من انبوبة اسطوانية صغيرة محنية
 من زجاج طولها من عقدتين الى ست مملوءة عرقاً او كحولاً الا
 فسحة صغيرة مملوءة هواء

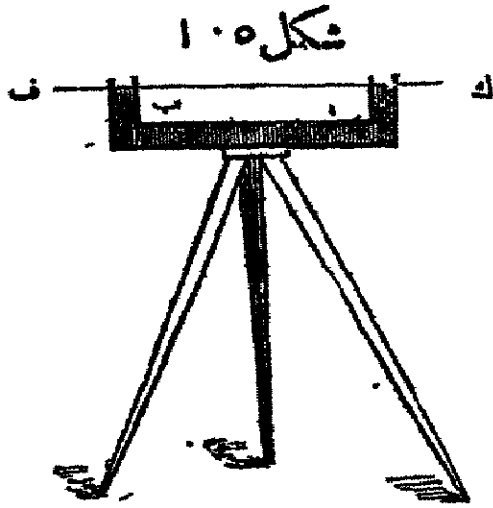
فاذا وضعت هذه الانبوبة (شكل ١٠٤) على موازاة سطح الافق فذلك

شكل ١٠٤



الهواء المتحرك يستقر في مركز الانبوبة عند علامة مفروضة عليها. ولكن عند

ما نيل الانبوبة ولو مقدار شعرة يصعد الهواء نحو الطرف المرفوع . وهذه الآلة مستعملة كثيراً لمساواة آلات فلكية ومساحية وغيرها من الآلات التي تقتضي التدقيق في وضعها



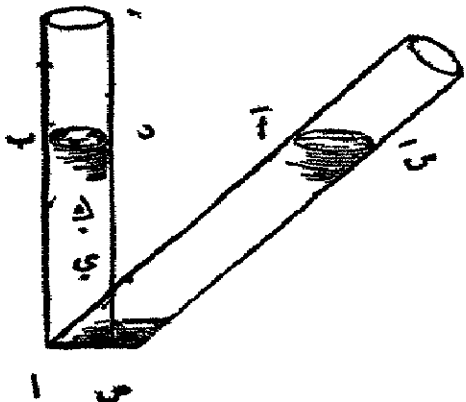
ثم انت هذا الشكل يبدل على فادن لـ سبة قرصها مستوي فوقها انبوبة زجاج والسائل على جانبي الانبوبة او ب لما كان يمر به سطح افقي فاذا كان شعبان مثل ف و ك وكان ف على استقامة اب اذا نظر اليه من ا و ك على استقامة ب اذا نظر اليه من ب فها على سطح متوازي

لسطح الافق مثل ا و ب . وهذا الفادن كثير الاستعمال في مساحة الاراضي ١٧٥ الضغط على اي دقيقة كانت من سائل ذي كثافة

واحدة هو كعبها تحت وجه السائل

ليكن اب س د كما في (شكل ١٠٦) عموداً من سائل عمودياً على

شكل ١٠٦

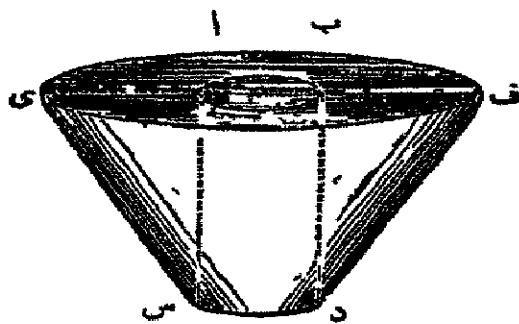


سطح الافق خذ اي نقطتين شئت مثل ك وي على عمقين مختلفين . وليوهم العمود انه انقسم الى عدة اجزاء متساوية بسطوح افقية . ثم لكون كثافة السائل واحدة في جميع اجزائه فيجب بالضرورة ان يكون الضغط على ك وي من كل الجهات كما مر بالنسبة الى

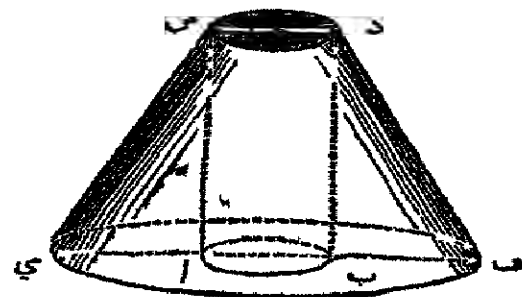
عدد الاجزاء المتساوية فوق كل منها وبالنسبة الى عمقها تحت وجه السائل

ثم لنفرض العمود $اس$ على علوب $س$ ولكنة مائل كما في (شكل ١٠٧) فحجة وبالنتيجة ثمة أيضاً يزداد بنسبة ازدياد طولهِ على علوهِ . وإنما اذ كان العمود المذكور بحجة السطح المائل $س$ من قوة الجاذبية الفاعلة عليه المسببة الضغط تنقص بنسبة زيادة طولهِ على علوهِ (رقم ١٥٧) . فإذا بمقدار ما يزداد الضغط على القاعدة بزيادة طول العمود يتناقص ميل السطح . فالضغط على نقطة من $س$ يكون بنسبة عمقه العامودي ويكون ضغط العمود المائل $اس$ كضغط العمود القائم $ا د$

شكل ١٠٨



شكل ١٠٧



وبناء عليه يحكم ان الضغط في وعاء مخروطي سواء كانت قاعدته اصغر من فيه او اكبر يكون بالنسبة الى العلو . لانه كما في (شكل ١٠٧ و ١٠٨) يمكن ان تتوهم عواميد مائلة على جانبي العمود $اس د ب$ في كل من الوعائين $س د$ والضغط فيها على نقطتي على عمق واحد من وجه الماء يكون بالنسبة الى عمقها كما تقدم

١٧٦ قد قلنا سابقاً ان الضغط على الجوانب مثل الضغط

على الاسفل (رقم ١٧٠) فبناءً عليه بحسب بسهولة مبلغ الضغط على جوانب الماء لاي علو كان او على شطوط الانهر والاقنية وغير ذلك . فعلى عمق ثمانية اقدام يكون الضغط على قدم مربع

مساوياً لثقل عمود من الماء قاعدته قدم وعمقه ثمانية اقدام
وبالنسبة لثقل جرم ثمانية اقدام مكعبة من الماء . وإذا كان قدم
مكعب من الماء يساوي ٩٠٠٠ درهم عربي = ٢ وق ١١ ط
فثقل العمود المذكور = $٨ \times ١١ \frac{1}{4} = ٩٠$ رطلاً فالضغط على
قدم مربع عند اعماق مختلفة يرى من الجدول الآتي

اقدام	ضغط على قدم مربع	اقدام	ضغط على قدم مربع
٠٨	٠٩٠ رطلاً	٥٦	٦٣٠ رطلاً
١٦	١٨٠	٦٤	٧٢٠
٢٤	٢٧٠	٧٢	٨١٠
٣٢	٣٦٠	٨٠	٩٠٠
٤٠	٤٥٠	٨٨	٩٩٠
٤٨	٥٤٠	٩٦	١٠٨٠
ميل او ٥٢٨٠ قدم	٥٩٤٠٠ رطلاً		
٥ اميال	٢٩٧٠٠٠		

فيظهر انه على عمق ٦٤ قدماً ضغط عمود ماء عند اسفله
يصير ٧٢٠ رطلاً لقدم مربع . والضغط على قعر البحر حيث
يكون العمق ميلاً واحداً هو ٥٩٤٠٠ رطلاً لقدم مربع . وحيث
خمس اميال فلا يكون ذلك الضغط اقل من ٢٩٧٠٠٠ رطل .
وعند التدقيق يقتضي ان تلاحظ ملوحة ماء البحر لان المياه

المالحة أثقل من العذبة . فمن هذه الاعبارات ندرك بسهولة
 علة الصعوبة العظيمة لحصر عهود عالٍ من الماء ومن ذلك
 يرى أيضاً عظمة الضغط الفاعل على قعر البحر . قيل ان الحوت
 الكرينلندي ينزل أحياناً الى عمق ميل ولكن دائماً يصعد وهو
 يبق الدم من فيه اذ يفعل الضغط على الاوعية الدموية بقوة
 تجعلها ان تفرغ جانباً مما تحواه من الدم الى الرئتين ومن ثم يجري
 الى الفم

١٧٧ هذا الضغط العظيم في عمق المياه العميقة قد اتضح
 بدلائل مختلفة فقد عرف منذ زمن طويل عند البحرية انه اذا
 نُزِلَتْ زجاجة مربعة رقيقة في الماء بتعليق ثقل بها ينزلها تتكسر
 جوانبها بالضغط عليها الى داخل قبل ان تبلغ الى عمق عشر
 باعات . واذا نُزِلَتْ قنينة قوية ملائمة ماء مسدودة سداً محكمًا
 بفليئة الى عمق معلوم فاما ان تندفع الفليئة الى داخل بقوة
 شديدة او ان الماء المالح يخرق الفليئة او جوانب القنينة فيدخل
 الى داخل من مسامها الرفيعة جداً اذا بقيت الفليئة على وضعها .
 وقد امتحن الخواجه بركنس اولاً انضغاط الماء بواسطة تغطيس
 آلة الى عمق خمس مئة باع . اما الآلة فهي أسطوانة نحاسية فارغة
 تملأ ماء عند ما تنزل في الماء تشبه مدفعاً صغيراً لها حاجز مصنوع

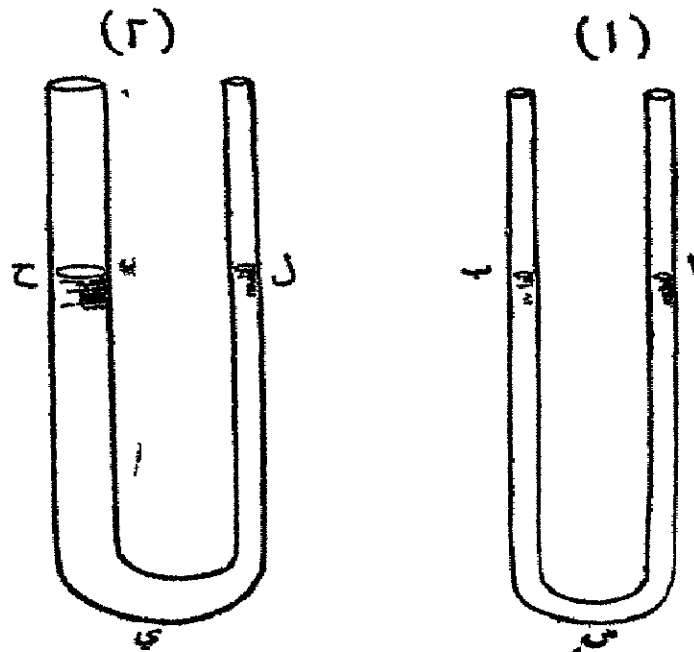
حتى يدل عند ما ترفع الآلة من الماء كم قد انضغطت الى داخل في العمق الاعظم . وهذه الامتحانات نفسها كررت فيما بعد على البرفكان الضغط على الحاجز بواسطة كبس الماء مساويا ٢٠٠٠ عمود من الهواء

ان زيادة الضغط بزيادة عمق السائل تقتضي كون جوانب الانابيب او القصاظر التي توضع فيها السائلات اقوى كلما كانت اعماق وهذا الامر يقتضي ملاحظته في اسداد الانهر وشواطئها وغير ذلك

انه عند عمق ميل واحد انضغاط الماء هو $\frac{1}{13.6}$ من حجمه فثقله النوعي يزداد بنفس هذه النسبة حتى ان الاجسام التي تغرق قرب وجه البحر قد تعوم عند عمق معلوم قبل ان تصل الى القعر واذا كان جسم مسامي خفيفا حتى يعوم قرب وجه الماء فقد يبقى في قعر البحر اذا نزل الى عمق عميق لزيادة ثقله النوعي بضغطه وترشح ماء القعر في مسامه

١٧٨ السائلات من نوع واحد تصعد الى علو واحد في انبوبة منعكفة سواء كانت الانبوبة ذات ثخن واحد ام الجانب الواحد اثنى من الثاني

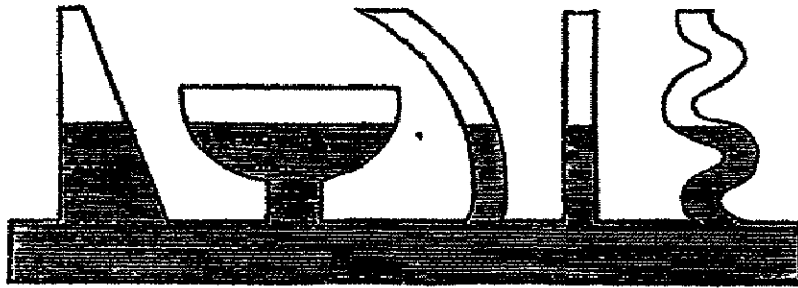
فعلي الاول لتكن اس ب انبوبة زجاجية كما في الرسم الاول (شكل ١٠٩) فاذا صُبَّ فيها ماء الى الحدِّ ا يصعد الماء في س ب الى علوب المساوي علو شكل ١٠٩



١. وذلك لان العمود اس ب يوازن عمود مثله مساحةً وعلوً وعلى الثاني اذا صُبَّ في الانبوبة ح ي ل في العمود ل ي كما ترى في الرسم الثاني مقدار من الماء علوه عقدة فيتفرق ذلك المقدار على ل ي ح . فاذا فرضنا مساحة دائرة ح ي ثلث مرات مساحة دائرة ل ي وصب في ل ي من الماء ما يملئ منه عقدة يرتفع الماء في عمود ل ي مقدار ربع عقدة ويستقر في العمود ح ي $\frac{1}{4}$ عقدة لكل عمود $\frac{1}{4}$ عقدة فيكون ارتفاع الماء في الانبوتين واحد . ثم اذا فرض انه صب في ل ي مقدار من الماء يملئ منه اربع عقد لتفرق الاربع عقد على العواميد الاربعة وكل منها يرتفع عقدة . وذلك ناتج عن كون الماء تجري دقاته الى كل الجهات بسهولة حركتها ولا يرتفع في الاكبر عمود واحد منه فقط بمائل الاصغر بل يرتفع في كل الاكبر ١٧٩ ينتج انه اذا كانت الاوعية والانابيب مختلفة في الهيئة

والسعة (شكل ١١٠) واتصلت بجوْض محصور وصب في اي واحدة منها ماء يرتفع الى علو واحد فيها جميعها. ولذلك المياه التي تنحصر في قصاطل او تجري في قنوات طبيعية تحت الارض ترتفع بمقدار هبوط اصلها. وذلك علة لكون بعض الينابيع تفوّر الى اعلى وعلة ارتفاع عهود من الماء في النوفرة الصناعية الى فوق وجه الارض. والمياه التي تجلب في قصاطل من مكان بعيد قد يكون بينها وبين

شكل ١١٠



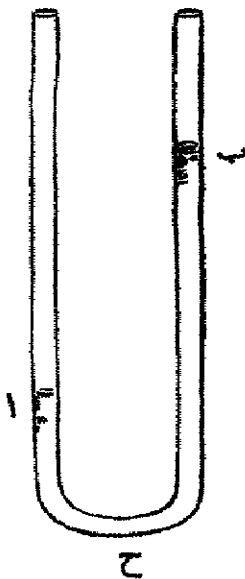
البلدة التي تجلب اليها جبال ووديان والقصاطل تصعد وتنزل في الجبال والوديان. والماء اذا كان محصوراً فيها يرتفع في تلك البلدة الى علو اصلها. فاذا كان الينبوع منخفضاً عن المكان الذي يقصد جلب مائه اليه بقصاطل فلا يمكن اجثلابه وكذلك لا يجري الماء اذا كانت بعض القصاطل اعلى من الينبوع الاصلي

ان القنوات التي اصطنعها الرومانيون قديماً هي من اعجب واغرب اطلال صنائعهم. فعدة منها طولها من ثلاثين الى مئة ميل ومركبة من

قنوات مبنية من حجارة وكانت تمر في الوديان على قناطر عالية جداً ومتينة كقناطر زيدة الكائنة فوق نهر بيروت وإحيانا تخرق لها الجبال على بعد شاسع كالسرداب الموجود أيضاً عند قناطر زيدة . ومن كون القدماء بنوا قنوات بتعب وإفرا كذا اذ رفعوها الى علو شامخ لقطع الوديان عوضاً عن ان يجرى الماء على المبدأ المذكور قد ظن البعض انهم لم يكونوا يعرفون هذه الحقيقة . ولكن يظهر من ملاحظات اخر انهم كانوا يعرفونها ويفهمون فائدة التصاقل في جلب الماء ولعل مصروف القضاقل وصعوبة اصطناعها قوية حتى تكفي لمقاومة الضغط اذا وضعت على عمق اوطى من ينبوع جداً منعاهم عن استعمالها العمومي

١٨٠ اذا كان سائلان الثقل النوعي في احدهما مختلف عنه في الاخر فلا يكونان على علو واحد اذا توازنا على جانبي انبوبة ملتوية وكان اسفل كل منهما عند وسط قاعدة الانبوبة بل يختلف علوها بالقلب كما يختلف ثقلها النوعي

شكل ١١١

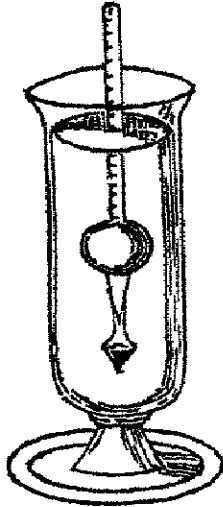


لتكن احب انبوبة ملتوية فاذا صب في العمود ازيق مثلاً وصب في العمود ب ماء واستقر اسفلها في وسط قاعدة الانبوبة عند ح فترى ارتفاع عمود الماء يكون ١٢٤٦ مرة ارتفاع الزبيق وبناء عليه نجزم ان الثقل النوعي للزبيق هو ١٢٤٦ . ومثل ذلك اذا انصب في العمود ب ماء وفي العمود ا زيت او عرق نرى ان علو عمود الماء ٢٩٣٢ من عمود العرق و ٢٩١٥ من عمود الزيت ومن ذلك يعرف ان الثقل النوعي للعرق ٢٩٣٢ والثقل النوعي للزيت

١٨٥ إذا كان الماء واحداً. وعلى ذلك يمكن ان يصطنع آلة كذه تفرض على جانبها عقد واجزائه من عقد لاجل معرفة الثقل النوعي لاجناس مختلفة من السوائل . وبرهان ذلك ان العمود يختلف حجمه عن العمود ب كاختلاف علوه لكون قواعدها متساوية كما يعرف ذلك من علم الهندسة . وانما الحجم اذ يتوازن العمودان يختلف بالقلب كالثقل النوعي اي متى تضاعف الحجم يتنصف الثقل النوعي ومتى صار ثلاثة اضعاف ما كان يصير الثقل النوعي ثلث ما كان وهلم جرا وبالعكس وذلك امر بين . فاذا العلو يختلف بالقلب كالثقل النوعي

١٨١ ويوجد نوع آخر من المقياس لثقل السوائل النوعي وهو ما يقال له الهيدرومتر وهو الأكثر استعمالاً

شكل ١١٢

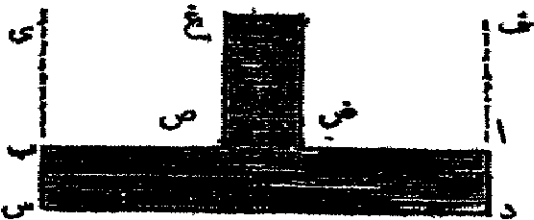


كما يدل عليه بهذا الشكل . وهو مؤلف من بلبوس وعنق طويل متصل به . فاذا كان يغرق في الماء الى حد مفروض فالامر واضح انه في السوائل الاخف يغرق بزيادة فيمكن ان تفرض على عنق هذه الآلة اقسام بها يعرف الثقل النوعي لاي سائل كان اذا وضعت فيه . ويوجد انواع اخر من الهيدرومتر لا موضع لذكرها هنا

١٨٢ الضغط على قاعدة موازية للافق من اي وعاء كان فيه مائه او سائل آخر من كثافة واحدة يساوي ثقل عمود من السائل يعرف بضرب القاعدة في علو الماء او السائل الآخرهما كانت هيئة الوعاء

لنفرض ونفاه مثل هذا الشكل لـ الانبوبة غ ض مملوءة ماء الى علو غ
وقاعدة ا س . فالضغط عند ض ص مساوياً لثقل عمود ماء علوه غ ض .

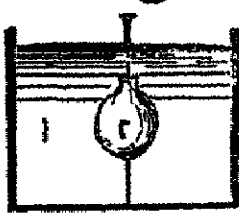
شكل ١١٣



واذا فتح ثقبه في اي مكان كان بين
ا و ض اوب و ص سعتها - ض ص
وادخل فيها انبوبة اخرى مثل غ ض
دخولاً محكما فالماء يرتفع الى علو غ

كما مر . فاذا الضغط في كل مكان بين ا و ب الى فوق يساويه عند ض ص .
فينتج انه على كل جزء من س د الضغط الى اسفل برد الفعل مثل الضغط
تحت العمود غ ض . فبلغ الضغط على سطح مفروض من السائل لا يعرف من
مقدار الماء في الوعاء ولكن من العلو الذي يصل اليه الماء . واذا جعلنا اسفل
الوعاء ا ب س د متسعاً جداً والانبوبة غ ض رفيعة جداً فالضغط على
القاعدة قد يكون مئات اوالوف من المرات اعظم من ثقل كل الماء في
الوعاء لان الضغط يكون كما اذا ارتفعت الجوانب الى ي و ف وامتلاء كل
الحوض ي س د ف الى علو غ . وذلك لان الضغط يتفرق الى كل الجهات
لسهولة حركة دقائق الماء كما مر . كما يرى في الامتحان كما في هذا الشكل

شكل ١١٤

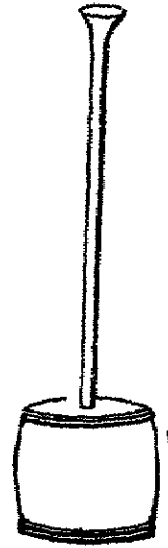


لتكن م مثانة منفوخة في وعاء مثل ا . فاذا ضغط على
الماء باسطوانة عند سطحه كما في (شكل ١١٤) يظهر
ان الضغط المتصل الى المثانة بواسطة الماء يكون
من كل الجوانب لان جدرانها عند ضغط الماء

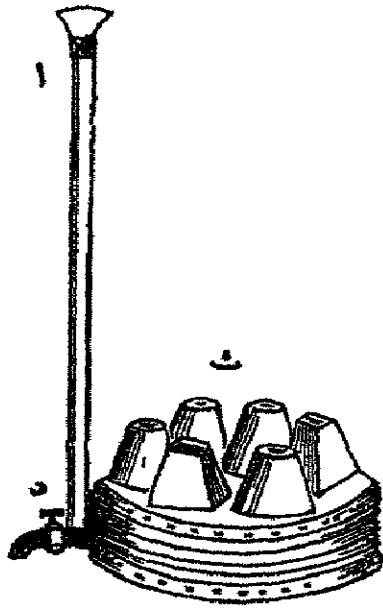
تقترب بعضها الى بعض من كل جهة اذ ينضغط الهواء داخلها

١٧٣ اذا امتلا برميل متين مثل ا ماء وادخل فيه انبوبة ب س كما في
(شكل ١١٥) وصب فيها ماء فقد ينفرز البرميل فينفجر منه الماء اذا انسكب
في الانبوبة مقدار قليل منه وذلك لعظم الثقل على اعلاه وجوانبه

شكل ١١٥



شكل ١١٦



ويتأكد ما قيل من منفاخ الماء أيضاً كما في (شكل ١١٦). فاذا امتلأت الأنبوبة ا د ماء فالضاغط على سطح المنفاخ اي القوة التي ترفع الاثقال الموضوعة عليه تساوي ثقل اسطوانة من الماء التي قاعدتها سطح المنفاخ وعلوها ا د ولكون هذه الاسطوانة : ا د :: مساحة سطح المنفاخ : مساحة قاعدة ا د يعرف الثقل ث على سطح المنفاخ الذي يوازن عمود الماء ا د من ضرب مساحة سطح المنفاخ في ثقل العمود ا د وقسمة الحاصل على مساحة قاعدة ا د . فمساحة القاعدة في اسطوانة متصلة حاوية ماء تتغير كما لثقل ولنا

هنا نسبة تشبه نسبة المخل . فاذا

فرضنا مساحة سطح المنفاخ - م

ومساحة قاعدة العمود - م وثقله

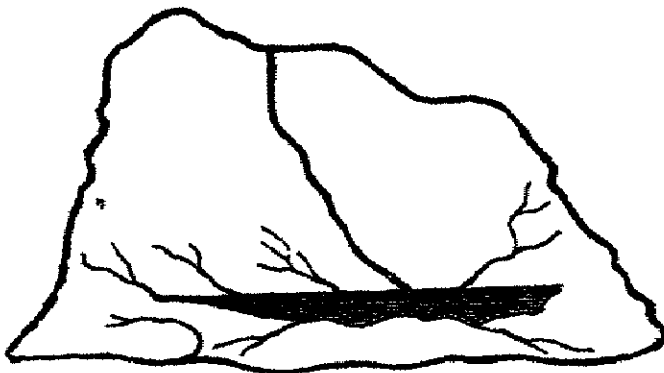
ث تكون نسبة ث : ث :: م : م

١٨٤ هذا الضغط يظهر

احياناً في الطبيعة عجيبة بفلق

الصخور او تشقق الجبال او انفجار

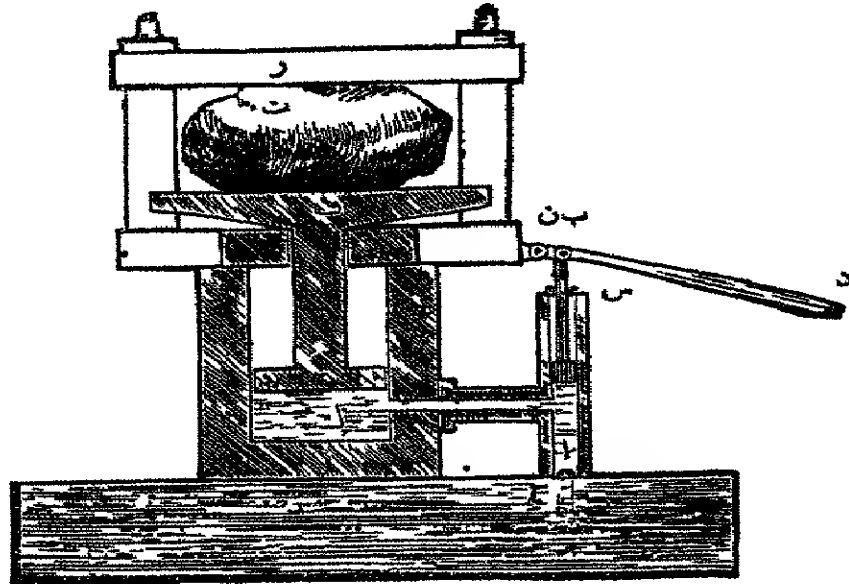
شكل ١١٧



المياه . لنفرض انه يوجد بركة ماء كبيرة داخل جبل كما في (شكل ١١٧)
وينصب اليها مياه محصورة في اقنية عالية فاذا امتلأت هذه الاقنية ولم يكن
مصرف للماء يحدث من ذلك ضغط مفرط جداً قد يكون كافياً لتشقيق
الجبل فينفجر الماء

١٨٥ من ملاحظة الاحكام الطبيعية السابقة في السائلات
قد اخترع مكبس الماء الذي ينفع بجملة اعمال مثل عصر الزيت
وكبس الورق وغير ذلك وهذه صورته

في الانبوبة (شكل ١١٨) يتحرك المدك س داخل فيها دخولاً محكمًا
واذ يرتفع هذا المدك يزرق الماء الى داخلها بضغط الهواء على المحوض من
خارج كما سيأتي في الهوائيات داخلًا من عند المصراع ح رافعاً اياه اذ
يفتح الى فوق تابعاً للمدك في صعوده . ثم عند تنزيل المدك يضغط على
شكل ١١٨



الماء وينطبق المصراع المذكور ويدخل الماء الى ك فيرفع العمود ع ف
داخل برميل حديد سمكه نحو نصف قدم ويكبس العمود على الثقل م

فينضغط بينه وبين العارضة والتي تجعل متينة جداً لاجل احتمال ضغط قوي

ولا يخفى ان ضغط المدك س مثل ضغط عمود في انبوبة اقل من مساو لضغط المدك. وحسب ما تقدم الضغط على العمود ع ف يزيد على ضغط المدك س بنسبة زيادة قاعدة هذا على قاعدة ذلك. ثم ان الخل ن د يجعل ضغط س اعظم من القوة عند د فيبقى فعل الآلة جداً

لنفرض مساحة قاعدة المدك س - م وضغطه - ض ومساحة قاعدة العمود ع ف - م وضغطه - ض فيكون

$$\text{ض} : \text{ض} :: \text{م} : \text{م}$$

وانما اذ كان الثقل في هذا الخل عند ب بين القوة والدارك تكون

$$\text{ق} : \text{ض} :: \text{ن} : \text{ب} : \text{ن} : \text{د}$$

بالضرب ق : ض :: م X ن : ب : م X ن د

اي ان القوة عند طرف الخل الى الضغط عند الثقل ث كنسبة حاصل مساحة قاعدة المدك س في بعده عن الدارك الى حاصل مساحة قاعدة المدك ع ف في طول الخل

يوجد في مطبعة الاميركان في بيروت مكبس ماء قطر قاعدة العمود ع ف فيه يساوي ٨ عقد وقطر قاعدة المدك س يساوي ٨/١ عقد وطول الخل ن د يساوي خمسة اقدام وطول ن ب الذراع الاقصي يساوي عقدتين ونصف فاذا فرض ان قوة ا ا رطال تفعل عند طرف د فكم رطلاً يساوي ضغط هذه الآلة

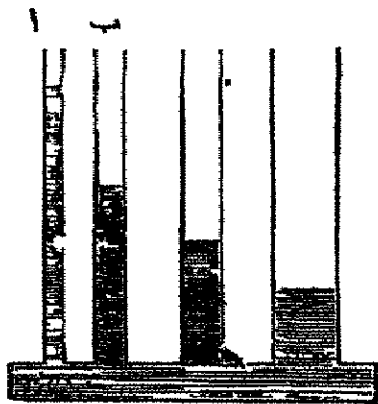
الجواب ٢٩٢٣١٠٦ رطلاً

١٨٦ المجاذبة الشعرية. قد تقدم القول في الكلام على

المجازبة الشعرية (رقم ٢٦) انها ليست سوى نوع من المجاذبة

العامه لان مرجعها اليها . وانه سبب ارتفاع السائل في الانايب الضيقة السعة أكثر من ارتفاعه في الأوسع منها ان مادة السائل في الانايب تزداد على نسبة اعظم من نسبة ازدياد قوة الجاذبية في جدرانها فتغلب جاذبية ثقل السائل على جاذبية الانايب وينخفض السائل عند اتساعها وقد اوضحنا سبب ذلك هناك

١٨٧ اذا وضعنا الانايب المذكورة في الزيت يهبط الزيت الى اسفل كما يرتفع الماء الى اعلى وذلك لكونه لا يوجد جاذبية التصاقية بين الزجاج والزيت . اي انه اذا غطس فيه لا يلتصق عليه شيء منه ولكن بما انه للزيت جاذبية التصاق بالذهب فاذا غطست انايب ذهبية في الزيت يرتفع فيها كما يرتفع الماء في الانايب الزجاجية . ولكن ما هي العلة لكونه توجد جاذبية التصاق بين الذهب



شكل ١٢٠

والزيت وتدافع بين الزجاج وبينه ذلك غير معروف ولعل للكهربائية مدخل في ذلك

١٨٨ الماء يرتفع في انايب

شعرية متساوية طولاً مغطسة فيه فوق سطحه وبمختلف ارتفاعه بالقلب كطول اقطارها . كما يرى في (شكل ١٢٠) فترى الماء اعلى

فيها كلما كانت اضيق سعةً او اصغر قطراً

ويرهان ذلك ليكن علو أنبوبة او أنبوبة ب - ع وعلو عمود السائل في

١ - س والعمود في ب - س والاول اعلى من الثاني ولنفرض قطر قاعدة

١ - ق وقطر قاعدة ب - ق

فلا يخفى ان الانابيب اذا كانت ذات ثخن واحد فمادتها تقاس بمساحة

سطوح جدرانها الداخلة كما يستفاد من الهندسة وبالضرورة جاذبيتها

تقاس بمساحة السطوح المذكورة لكون الجاذبية تتغير كالمادة لكونها تتجهتها.

ومساحة السطوح تعرف بضرب المحيط في علو الانابيب ثم جاذبية الثقل

لكل عمود من السائل تكون بمقدار مادته وذلك يقاس بمساحة جرمه.

ومساحة الجرم كما يعرف من الهندسة تتساوي مساحة القاعدة في العلو. ولا

ريب ان جاذبية الانابيب يقتضي ان تساوي جاذبية الثقل للسائل لكي

ترفعه في الأنبوبة ليكون

$$\left(\frac{1}{2} ق\right)^2 \times ٣٤١٤١٥٩ \times س - ق \times ٣٤١٤١٥٩ \times ع$$

$$\text{وفي الأنبوبة ب } \left(\frac{1}{2} ق^-\right)^2 \times ٣٤١٤١٥٩ \times س^- - ق^- \times ٣٤١٤١٥٩ \times ع$$

فتحويل الاولى تصير ق \times س - ع

الثانية . ق \times س^- - ع

فانما ق \times س - ق^- \times س^- ونحويل هذه العبارة الى نسبة تصير

$$ق : ق^- :: س : س^-$$

اي ان الاقطار تتغير بالقلب كالاغالي

ولا يحصل فرق في علو عواميد السائل اذا كان بعض الانابيب اطول

قليلاً من البعض الآخر لكون الجاذبية من الاجزاء العليا بعيدة وقليلة فلا تؤثر

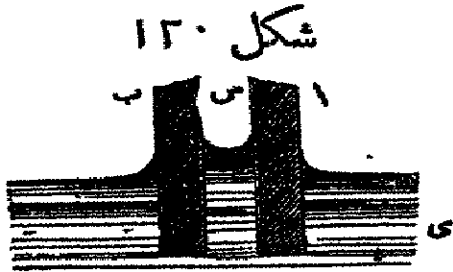
واذا كانت جدران الانابيب اسماك فلا تؤثر كذلك في ثقل السائل

او جاذبية الارض له تأثيراً يشعر به لانها ما زاد سمكها فهي كالا شيء بالنظر

الى الارض

١٨٩ اذا الجاذبية الشعرية مرجعها كما اشرنا الى الجاذبية العامة للمادة . فلان جاذبية مواد جدران الانابيب القليلة قد كانت كافية لرفع كمية قليلة من السائل رفعتها . والذي يؤيد ما قيل ان ذلك ليس بمخصص في الانابيب الشعرية بل يظهر ازدياد السائل ايضاً اذا قربنا لوح زجاج من اخر وغمسناها في الماء

ليكن اوب (شكل ١٢٠) لوح زجاج وليغمس في حوض مثل د
فان عمود الماء س يرتفع فوق سطح
الماء وذلك لنفس سبب ارتفاعه في
الانابيب وهو ان جاذبية مادة
الزجاج التي ظهرت على سطوحه رفعت

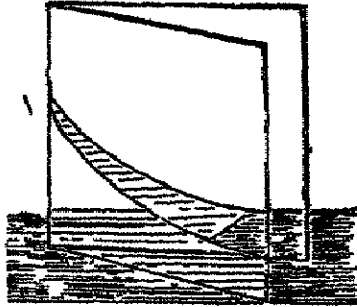


كمية قليلة من مادة السائل . ودليله ان الجاذبية تظهر ايضاً على السطح الخارج بارتفاع الجزء من السائل الذي يلاصقه . ويبرهن كما تبرهن سابقاً ان علو السائل بين لوح زجاج يتغير كنسبة البعد بينهما بالقلب اي كلما زاد البعد قل العلو وبالعكس . وسبب تغير سطح العمود س كما ترى كون جاذبية السطوح اقوى على الجزء من السائل الاقرب اليها

١٩٠ ان هذه التجربة تبين ما قيل ان علو السائل في الانابيب او بين الواح الزجاج يتغير كقطار الانابيب او كعرض السائل ليكن س وب لوح زجاج كما في (شكل ١٢١) متحددين عند احدى

يجعل سطحها زاوية حادة وليغمرها في ماء فالماء حينئذ يرتفع في الفتحة بينها على هيئة منحني يسمى شلجي وعلو الماء بين السطحين يكون اعظم كل ما قل البعد بين النقطتين من السطحين اللتين البعد بينهما يوازي سطح الافق

شكل ١٢١



اذا غمست انابيب او الواح زجاجية

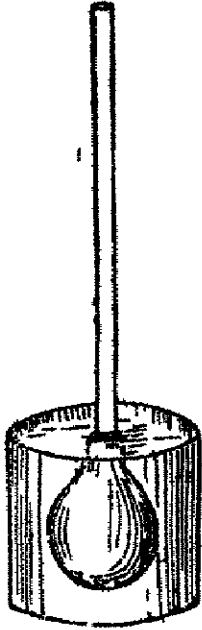
قريبة من بعضها بعض في سائل الزئبق

ترى ان السائل يهبط كما يرتفع الماء . وذلك لان جاذبية الزجاج تدفعه عوضاً عن ان تقربه اليه . وترى ان سطح الجزء من السائل الذي قد هبط محذبا وذلك لان قوة الدفع هي اقوى على الدقائق القري الى سطح الزجاج . وهبوطه يتغير كتغير افطار الانابيب او البعد بين الالواح بالقلب وذلك يبرهن كما يبرهن سابقاً

١٩١ الأكروسمس والاندوزمس . اذا فصل بين سائلين

بحاجز مسامي وكان احد السائلين قابل الامتزاز مع الآخر وهما مختلفان في الثقل النوعي تدخل دقائق من احدهما الى الآخر وتخرج من دقائق الآخر اليه في مسام الحاجز المذكور وذلك ما يعرف بالأكروسمس والاندوزمس وهما لفظتان يونانيتان معناها الخروج والدخول . وسبب ذلك ان الطبيعة تطلب التعادل في الثقل النوعي بين السائلين فتميل دقائق احدهما للسير الى دقائق الآخر ودقائق الآخر كذلك . ويساعدها في النفوذ في مسام الحاجز الجاذبية الشعرية الكائنة في المسام

فاذا اخذنا مثانة صغيرة الى صفيقة اخرى شصكية آلية وربطنا فاما
بانبوبة مفتوحة من الطرفين كما في (شكل ١٢٢) وملئنا المثانة عرقاً او كحولاً
وغمسنا مربوطة بالانبوبة في وعاء ماء الى عمق بحيث يستوي سطح الماء وعنق
المثانة ففي برهة قصيرة يلاحظ ان العرق يرتفع شكل ١٢٢



الى ان يصل الى راس الانبوبة وينبض . وهذا
الارتفاع في الانبوبة علته ان الماء يترشح وينفذ في
مسام المثانة بقوة فيسحب ما يقال له الاندوسموس
اي الدخول . وفي الوقت نفسه كمية من الكحول
تتدفق في مسام المثانة وتخرج بالماء في الوعاء الخارج
وذلك ما يسمى بالاكروسموس اي الخروج . وانما
كمية الكحول الخارجة من المثانة التي تخرج في
وقت مفروض مع الماء اقل من كمية الماء الداخلة
في ذلك الوقت وبالنسبة لتمدد المثانة اذ قد وجد

فيها اكثر مما كان قبلاً من السائل فتضغط الى الاعلى في الانبوبة
وهكذا اذا ملأنا قنينة عرقاً وغمسناها في الماء نرى بعد برهة ان الماء
قد دخل الى داخل القنينة فتعكس العرق ومثل ذلك اذا كان صندوق
مقسوماً الى قسمين بواسطة حاجز مسامي ووضعنا في الجانب الواحد قطر
السكر وفي الجانب الاخر ماء

١٩٢ ان الجاذبية الشعرية تظهر في مواد كثيرة ما لوفة
كفتايل المصابيح فلكون الجاذبية الشعرية لا ترفع الزيت الى
علو عظيم الاحسن ان يملأ المصابيح يومياً بالزيت لكي يكون
راس الفتيلة قريباً من وجهه فتدفع الجاذبية الشعرية بسهولة فلا

يشع الضوء. ثم اذا غرس طرف خرقة في وعاء ماء وتدلى الباقي منها على حافته فالماء يرتفع مترشحاً في القماش ثم ينقط بالتدرج منه وعلى هذا الاسلوب قد يمكن ان يفرغ من الوعاء جميع السائل . ثم اذا وجد رطوبة عند اسفل كومة رمل او قطعة من سكر او اسفنج فتتصاعد تلك الرطوبة في مسامها بقوة الجاذبية الشعرية ثم تصير كلها رطبة . ثم ان الطبقة السفلى من بيت ذي طبقتين تترطب في ايام الشتاء لهذا السبب نفسه . والخشب كذلك اذا وضع في ماء يصعد الماء فينرشح فيه . ولما كان ينتفش فيتمدد بداعي دخول الماء فيه فقد يتخذ واسطة لنشقيف الصخور كما اشرنا (رقم ١٤)

الفصل الثاني

في الماء الجاري او الهيدرولك

١٩٢ الهيدرولك لفظة يونانية معناها ماء القساطل . وهو فن يبحث فيه عن شرائع ومفاعيل السوائل الجارية وموضوعه خروجها من اثقاب وجريها في انابيب وقنوات وتوجيهها ومقاومتها الاجسام الجامدة المتحركة

ويقتضي ان نعهد في هذا الفن على الامتحان اكثر مما على حكم العقل النظري لاثبات قضية اذ كانت الاحوال في سائل واحد تختلف كثيراً. وذلك كما يختلف درجة الحرارة والصفاء والجاذبية بين دقائقه التي يتوقف عليها سيلانه والفرك على جوانب الوعاء ومصادمة الهواء ومقدار الوعاء بالنسبة الى الثقب وهيئة الثقب نفسه والجهات المختلفة التي تجري فيها العواميد الرفيعة من السائل الى الثقب وعدم انتظام الحركة الذي يحصل للسائل بدواعي مختلفة

١٩٤ قد لاحظ علماء هذا الفن كيفية نقرغ او خروج الماء من وعاء في اثقاب صغيرة بامتحان مدقق في قعر او جوانب الوعاء بواسطة ادخال ذرات صغيرة جامدة تظهر مجرى السائل في وعاء زجاجي. فظهر ان دقائق السائل تنزل بخطوط عمودية على سطح الافق حتى تصل الى بعد ثلث او اربع عقد عن الثقب وحينئذ تعرج عن ذلك الخط جارية الى نحو الثقب. وعند ما يقترب سطح السائل الهابط في الوعاء الى الثقب يظهر تجويف على هيئة قمع. والدقائق المختلفة التي تنجم الى الثقب تتجمع في نقطة خارجة على بعد من مركزه يساوي نصف قطره ذاته وهذه النقطة يقال لها عقدة التجمع

١٩٥ من القضايا العديدة التي تدرج في فن الهيدرولك
سنتخب القضايا الآتية الأكثر اعتباراً لكونها ذات لزوم لأمور
مستعلة دأرجة

اولاً اذا جرى سائل في انبوبة أو قسطل أو حية من
معدن أو خلافه وكان دائماً ما ليها فسرعتها في اي جزء كان من
عجراها تكون بالقلب كمساحة القطع عند ذلك الجزء

لنفرض مرم مساحتي قطعين لانبوبة ذات فراغ مختلف وتبدل
س وس على سرعتي السائل الذي يجري في مرم . فمقدار السائل الذي
يجري في اي قطع كان لا بد ان يتوقف على مساحة القطع والسرعة معاً . واذ قد
فرض ان الانبوبة تبقى دائماً ملانة ففي اقطاع مختلفة يجري ذلك المقدار في
اوقات مختلفة لان الانابيب تفرغ من السائل الذي يجري فيها بمقادير
متساوية في اوقات متساوية فان زادت مساحة القطع نقل السرعة
فيطول الوقت لجران المقدار وان نقصت المساحة فبالعكس . فالمقدار
الذي يجري في واحد من الوقت يساوي في كل قطع مساحة القطع
مضروبة في السرعة . فاذا $M \times S - M' \times S'$ اي $M : M' :: S : S'$
اعني ان السرعة بالقلب كمساحة القطع . فينتج من هذه القضية ان سرعة
مجرى تزداد كنقصان العرض والعقب

١٩٦ انه في جريان سائل في انبوبة الاجزاء القريبة الى
المحور اسرع من القريبة الى الجوانب وفي كل قنا او نهر سرعة
المجرى اعظم عند الاجزاء الوسطى التي يقال لها عند العامة السبلة

ما عند الجوانب وأعظم عند سطح الماء مما في القعر وذلك لان
فرك الجوانب والقعر يصد القريب اليها من السائل ويجعلها بطيئة.
فيقتضي اذاً ان يؤخذ معدل السرعة من ثلاثة اقيسة متنوعة على
الاقل

مثال وجدت سرعة مجرى انهار كانت

على وجه السبلة - ٥ اميال في الساعة

عند القعر - ٣

عند الجوانب - ٣ ١/٢

اذاً معدل السرعة - $\frac{٢٥٠ + ٢ + ٠}{٣}$ - ٨٣ ١/٣ اميال في الساعة

والكى نجد كمية الماء الذي يجري في نهر يقتضي ان نعرف اولاً مساحة
قطع جزء من النهر متساوي العرض بضرب عرضه في عمقه عند ذلك
القطع اذا كان العمق واحداً حيثما يقاس او بضرب عرضه في معدل عمق
القطع اذا اختلف كما يحدث غالباً. ويؤخذ المعدل لعمق قطع بقياس اعماق
مختلفة منه وقسمة مجموع كل الاعماق على عدد مرات الاقيسة. ثم اذا ضربت
هذه المساحة في معدل السرعة يحصل الكمية المطلوبة

مثال قاس شخص عمق مجرى في ثلاثة اماكن من قطع فيه فكان معدله

٨ ١/٢ قدم وعرض المجرى ٥٦٠ قدماً ولاحظ سرعة جريان الماء برمي هباء

يطفو على وجهه فوجد ان معدل سرعة المجرى كانت ٩٦ قدماً كل دقيقة

فكم كان يفرغ ذلك المجرى من الاقدام المكعبة في كل دقيقة

الجواب $٨ ١/٢ \times ٥٦٠ \times ٩٦ = ٤٥٦٩٦٠$ قدم مكعب في الدقيقة

١٩٦ ان المياه وسائر السوائل كبقية المواد الجامدة خاضعة

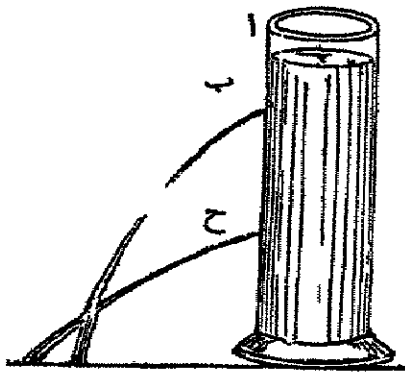
لحكم الجاذبية فلا تجري الا اذا كان مجراها عمودياً على سطح الافق

او مائلا عليه . ولسهولة حركة دقائقها انخفاض قليل يجعلها تجري .
فانخفاض ثلاث عقد كل ميل في قنا املس مستقيم يكسبها سرعة
ثلاثة اميال كل ساعة . ونهر الكنك الذي تنصب اليه مياه جبال
حملايا على بعد ١٨٠٠ ميل من مصبه علوه فوق سطح البحر ٨٠٠
قدم فقط . فلكي يمر الماء في هذا السطح المائل يقتضي له اكثر من
شهر . ولكن لا يقتضي ان نحكم ان سرعة مجرى الماء تزداد كهربع
الوقت على انخفاض طفيف بموجب شريعة سقوط الاجسام
الجامدة على سطوح مائلة . وذلك لسبب فرك الماء على القعر
والجوانب وخشونة المجرى وارتفاعه وانخفاضه وغير ذلك فلاجتماع
هذه الاسباب ترى حركة الماء على سطح قليل الانخفاض متساوية .
وما يعيق حركة الماء في مجراه وجود الزوايا بين القساطل
لكونها تصادم الماء حيثئذ في مجراه . فيقتضي لاجل تسهيل جريان
الماء ان تجعل زوايا القساطل على هيئة تعاريج منحنية عند ما يراد
ردها عن جهة مستقيمة . ويجب ان يعتبر في السائلات ايضا ان
الزخم متوقف على السرعة والمادة معا كالاجسام الجامدة ويعرف
مقدار ذلك من حاصلها ولذلك كلما زادت سرعة الماء ومادته
زاد مفعوله كزيادة حاصلها

١٩٧ . السرعة التي يتفرغ بها سائل من ثقب صغير في قعر

اوجانب وعاء يدوم ملأنا نثغير كالجذر المائي من العمق تحت
وجه السائل

فليدل ك وك على كميتين من السائل متفرغتين من ثقبين مختلفين
عمقا مثل ب وح (شكل ١٢٣)



ولتدل س وس على سرعتيهما و ا ب
واح على عمقيهما . ثم لما كان الضغط
على اعماق مختلفة يختلف كالعمق والزخم
ايضا يختلف كقوة الضغط فالزخم
يختلف كالعمق . فنسبة س : ك : س
X ك :: ا ب : ا ح . ولكن في ثقب

مفروض كمية السائل المتفرغ تختلف كالسرعة كما لا يخفى اوس ∞ ك
اذا س : س : س :: ا ب : ا ح
اوس : س : س :: ا ب : ا ح

١٩٨ . ان السائل يتفرغ من ثقب في قعر اوجانب وعاء يدوم
ملأنا بالسرعة التي يكتسبها جسم يسقط من وجه السائل الى ذلك
الثقب

لانه اذا فرض في (شكل ١٢٣) ا ب - ب علو الثقب الذي سرعة
السائل فيه - س واح - ب علو الثقب الذي سرعة السائل فيه - س
يكون بموجب ما مر

س : س : س :: ب : ب : ب

او بالضرب في ب ج

س : س - :: ٢ : ١ (ج ب) : ٢ : ١ (ج ب)

تم اذا فرضنا س - سرعة صفيحة صغيرة الى غير نهاية من السائل عند وجهه في ثقب تحتها فتكون سرعتها صفراً لكون الضغط صغيراً الى غير نهاية وبينها ب - صفراً اذا كان علو الثقب صغيراً الى غير نهاية وتكون في النسبة المذكورة س - ٢ : ١ (ج ب) لكون كل منها صفراً . فاذا س - ٢ : ١ (ج ب) والسرعة الاخيرة لجسم يسقط في الين ب - ٢ : ١ (ج ب) (رقم ٧٥) فسرعة السائل في كل ثقب اذا تفرغ من وعاء يدور ملأنا تساوي السرعة التي يكتسبها جسم يسقط في علو الثقب

فمن ثقب عمقه $1\frac{1}{2}$ تحت وجه الماء سرعة التفريغ $22\frac{1}{2}$ قدم في الثانية لان هذه هي السرعة الاخيرة لسقوط جسم في $1\frac{1}{2}$ قدماً . وعند عمق اربعة اضعاف هذا العدد اي $6\frac{1}{2}$ السرعة تضاعف فقط اي تكون $74\frac{1}{2}$ قدم في الثانية وهلم جرا

ثم لما كانت سرعة التفريغ عند اي عمق كان تساوي السرعة الاخيرة لجسم يسقط في مثل ذلك العمق بشئ ضرورة انه اذا اريد اتمام عمل ميكانيكي بالماء كندوير دولاب مطحة فلا فرق بين ان الماء يخرج من كوة في اسفل على جهة افقية ويدفع الدولاب او يسقط على الدولاب من اعلى الحوض على ان الاول انسب لكون السائل حينئذ يسلم من مقاومة الهواء التي يلاقها بترويه من اعلى الحوض بموجب الحال الثاني

١٩٩ اذا امتلاء وعاء اسطواناني او مشوري سائلاً وكان قطعه

الموازي سطح الافق واحداً حيثما كان وتفرغ من ثقب ولم يدُم ملأنا فتغير سرعة هبوط وجه السائل فيه كتغير الجذر المالى من العمق كما ان سرعة الثقب تغير كذلك كما مر

لأنه إذا فرض ب - العمق من وجه السائل الى الثقب وس سرعة التفريغ من الثقب تكون كما مر نسبة س : س :: ب : ب . ولما كان قطع الوعاء مفروضاً واحداً فلا يخفى انه اذا كان قطع الوعاء مساوياً للثقب تكون سرعة هبوط السائل فيه تساوي سرعته في الثقب وإذا اختلف قطع الوعاء عن الثقب تختلف سرعة هبوط السائل في الوعاء كالقطع بالقلب حيثما كان وجه السائل . فاذا فرضنا د سرعة وجه السائل في الوعاء ومر مساحة الوجه وح مساحة قطع الثقب يكون

د : س :: ح : مر وإذا هبط وجه الماء شيئاً يكون

د : س :: ح : مر

فاذا د : د :: س : س

وكما مر س : س :: ب : ب

إذا د : د :: ب : ب

٢٠٠ وعلى هذا المبدأ قد اصطنعت ساعة الماء المسماة باصطلاحهم كليسدرا . وتعليل ذلك انه اذا كان هبوط وجه الماء متباطئاً ابداً كالايان فالايان التي تمر بها في اوقات متساوية اذا ابتدأنا من اسفل هي كالأعداد الوترية ١ و٢ و٣ و٤ الخ . وإذا اصطنع لوعاء ماء اسطواناني الشكل ثقبة عند اسفلها يتفرغ كل ماء الوعاء في ٢٤ ساعة تماماً وانقسم جانب الوعاء الى ٥٧٦ قسماً متساوياً من راسه الى اسفله وعد نهاية ٤٧ قسماً منها من الراس رسم ١ ومن ثم عد ٤٥ قسماً ورسم ٢ وهلم جرا فتلك الأرقام الأربعة والعشرين تدل على ساعات اليوم

٢٠١ إذا لاحظنا بالتدقيق الوقت الذي فيه يتفرغ وعاء

اسطواناني او موشوري قطعة الافقي واحد حيثما كان الى حد ثقبة مفروضة . ثم جعلنا السائل يجري من الثقب والوعاء يبقى ملأنا

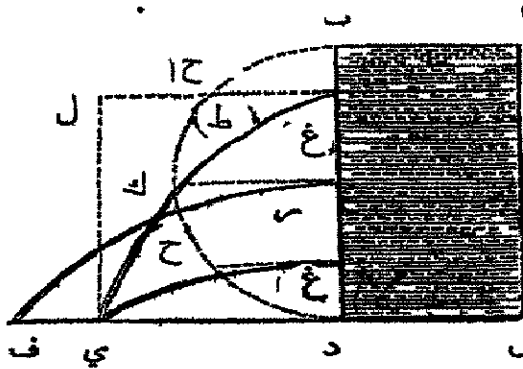
دائماً في نفس الوقت نحصل في الحالة الثانية على كمية من السائل ضعف الكمية في الحالة الاولى . لانه اذا بقي الوعاء ملأنا دائماً فالسرعة عند الثقب وبالضرورة الكمية المتفرغة منها تبقى على حالها الاول . ولما كانت ظروف هذا الامر كلية المشابهة لظروف جسم صاعد عموديا الى فوق وكان الجسم الصاعد يمر بمضايف البين اذا بقي على السرعة الاولى في نفس الوقت الذي فيه يصعد بسرعة متباطئة فالامر واضح من ذلك ان كمية السائل الخارجة من الثقب اذا بقي الوعاء ملأنا تكون مضاعف الخارجة اذا لم يضاف ماء الى الوعاء ليبقى ملأنا

٢٠٢ السائل المتفرغ من جانب وعاء يرسم منحنيًا يسمي بالشلجي . وذلك لان ظروف السائل المتفرغ مطابقة بالتمام لظروف الجسم المرمي لان الضغط عليه عند الثقب كناية عن قوة تدفعه الى بعد ما وحسبما تقدم في الكلام على الاجسام المرمية يرسم منحنيًا شلجيًا

٢٠٣ اذا رسم نصف دائرة على الجانب العمودي من وعاء يبقى ملأنا مجعولا قطراً وتفرغ سائل على جهة افقية من اي نقطة كانت في ذلك القطر فبعدها الافقي عن اسفل الوعاء يساوي ضعف المعين لتلك النقطة

لان السرعة التي بها يتفرغ سائل من الوعاء ا د في نقطة غ كما في (شكل ١٢٤) اذ تبقى على حالها لكون الوعاء يدوم ملأنا نحمل السائل في

شكل ١٢٤



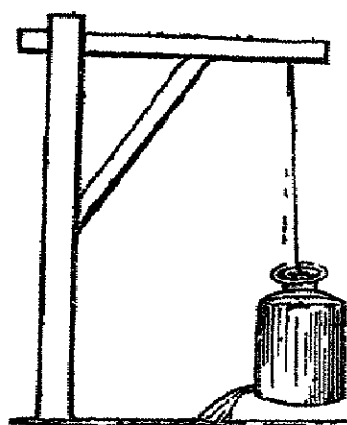
بين يساوي ٢ ب غ في وقت سقوطه في ب غ . ولكن بعد ترك السائل الثقبه غ يصل الى في السطح الافقي س ف في الوقت الذي فيه يستط جسم من غ الى د او في الوقت

الذي يصل فيه السائل بحركته المتساوية وحدها من غ الى ل (رقم ٨٧). ولما كانت الاوقات في الاجسام الساقطة كالاجزاء المالية للايان فنسبة ٦ ب غ : ٦ غ د :: وقت ب غ : وقت غ د اي وقت الوصول الى ي الذي - وقت ابتعاده عن الوعاء بمقدار ل او دي بحركته دون الجاذبية . ولكن في وقت نزول السائل في ب غ يجري على التساوي على جهة افقية في بين يساوي ٢ ب غ . لنفرض غ ط - ٢ ب غ و غ ل - دي اذا ٦ ب غ : ٦ غ د :: وقت (غ ط : وقت د ي او غ ل . ولان الحركة متساوية وقت غ ط : وقت غ ل :: غ ط او ٢ ب غ : غ ل او دي . فاذا ٦ ب غ : ٦ غ د :: ٢ ب غ : د ي - البعد الذي يربيه في جهة افقية بينا ينزل في غ د ويحول النسبة تكون د ي - $\frac{٢ ب غ \times غ د}{٦ ب غ}$ - ٢ ب غ (ب غ د) - غ ح اي ضعف المعين لنقطة غ

فالبعد الاقصى يكون حينما يتفرغ السائل من المركز لان المعين حينئذ وبالنسبة مضاعف المعين يكون الاعظم . والابعاد تكون متساوية في الانقلاب التي هي على بعد واحد فوق المركز ونحثة لانه عند كل نقطتين على بعد واحد من المركز يتساوى المعينان

٢٠٤ قد تقدم الكلام ان ضغط السائل الذي يحتويه وعاء عند علو واحد متساوي الى كل الجهات فيضغط على جوانب الوعاء المتقابلة على التساوي ولذلك يبقى راکداً فاذا ازلنا الضغط

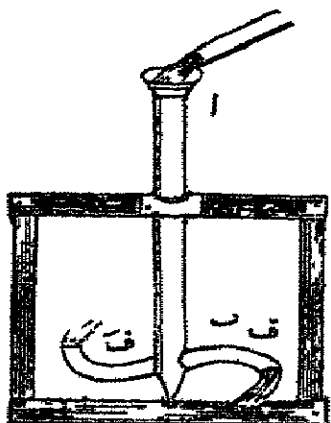
شكل ١٢٥



من احدى نقطتين متقابلتين من جانبي وعاء مع بقاءه في الاخر يجعل ثقب يجري منه السائل على الجانب الواحد فالضغط الباقي على الجانب الآخر يبيل الى ان يحرك الوعاء الى جهة ذلك الجانب فاذا علقنا وعاء

ماء زجاجياً كرقاص (شكل ١٢٥) وفتحنا ثقباً صغيراً على جانب واحد منه فالضغط على هذا الجانب اذا كان قد زال وبقي على

شكل ١٢٦



الآخر فالوعاء يتحرك الى جهة الجانب المتقابل من الثقب ويبقى على علو ما فوق مكانه الاول

٢٠٥ على هذا الناموس اخترعت

طاحون باركر واصطناعها كما في هذا الشكل اب اسطوانة فارغة متحركة حول

محور عمودي وف ف اسطوانة اخرى عمودية على الاولى وعلى موازاة الافق متصلة بها من داخل وعند طرفيها المنعكفين فوهتان على جانبي هذه الاسطوانة

مفتوحان الى جهتين متقابلتين . وقد فرض في الشكل ان الفوهة عند
ف هي امام الفاري وعند ف على الجانب الثاني من الانبوبة والماء ينصب
من فوهة حية لكي تبقى الاسطوانة اب ملانة دائماً واذ كان الماء يخرج جاريًا
من ف وف فالضغط على جانبي الاسطوانة المقابلين هاتين الفوهتين يفعل
على الذراعين ف ب وف ب ويدبر الاسطوانة الافقية التي تدبر الاسطوانة
اب والالات المتحدة معها . فضغط عمود من الماء هنا يفيد جداً لانه بتطويل
ذراعي ب ف وب ف مع بقاء قوة الضغط على طرفيها يزيد ربح القوة على
الثقل كما يحدث في تطويل ذراع المخل الذي يلي القوة او تكبير الدولاب
التي تفعل عليه القوة وكذلك تزيد قوة التباعد عن المركز . وهذه الالة
تعد عند الميكانيكيين الاعظم فعلاً اذا قصد استعمال قوة كمية مفروضة من
ماء يسقط من علو مفروض لتشغيل آلة

٢٠٦ انه بوضع انبوبة للثقب الذي يجري منه سائل يسهل
تفريغه وذلك بخلاف المظنون . لانه بداعي الفك الذي يحدث
من مرور سائل في انبوبة قد يظن ان ثقباً بسيطاً مصنوعاً في وعاء
يكون انسب لتفريغ السائل من فوهة مستطيلة . ولكن قد وجد
بالامتحان ان وعاء من تلك ذات ثقب املس عند اسفله لا يفرغ ماء
بسرعة آخر حاو نفس المقدار من الماء ذي ثقب متساو
لثقب الاول مركبة له انبوبة قصيرة او حنفية . وبتغيير طول
الحنفية قد عرف انه اذا كان طولها ضعف قطرها تكون الاسرع
تفريغاً اذ تفرغ ٦٢ مقداراً من الماء في مئة ثانية بينما الثقب
البسيط لا يفرغ سوى $4\frac{1}{2}$ في الوقت نفسه . ولكن ان كانت

الحنفية او الانبوبة نائمة الى داخل الوعاء فالكمية المفرغة تنقص عوض ان تزداد بها

اذا ارسل الماء في حية اسطوانية مستقيمة على اي بعد كان فالماء المفرغ يمكن ان يزداد بتدوير هيئة نهايتي تلك الحية فقط اعني بجعل طرف الحية المتصل بالحوض ذا هيئة مخروطية على هيئة عقدة التجمع كما تقدم (رقم ١٩٤) ويجعل الطرف الآخر منها حيث يتفرغ الماء بهيئة بوق وبهذه الواسطة تضاعف كمية الماء المفرغة في وقت معين

٢٠٧ دوليب الماء . ان دوليب الماء الاكثر استعمالاً التي تستعمل لامور مختلفة هي ثلاثة انواع الدولاب الفوقي والتخني والجاني اما الدولاب الفوقي فيستعمل متى كانت كمية الماء البحري قليلة اذ كان هذا النوع يشغله مقدار من الماء اقل مما يشغل النوعين الاخرين ان (شكل ١٢٧) يدل على قطع دولاب فوقي عمودي

شكل ١٢٧



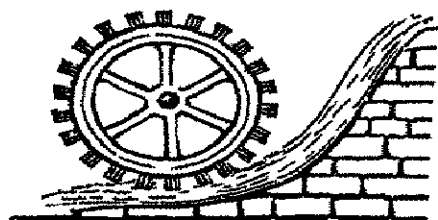
على المحور . وقطره غالباً يساوي علو مسقط الماء وموضوع تحت الماء على كيفية بها يكتسب القوة من الادلي المتصلة بحافة الدولاب . وهذه الادلي

مصنوعة على هيئة تحفظ الماء ما امكن حتى يصل الى النقطة

السفلى من الدولاب ولكن لا تبقى شيئاً بعد اجيازها تلك النقطة كما ترى . وبهذه الواسطة ثقل الماء في الادلي يجعل ثقلاً عظيماً في الجانب الواحد من الدولاب فينزله مع وجود مقاومة قليلة لصعود الجانب المتقابل للدولاب من ثقلها فقط لكونها تصير فارغة على الجانب الآخر . وعلى علو قليل مثل ح ا يقتضي ان يكون الماء ليكتسب زخماً بعلوه فيغلب مع ثقل الماء في ح ا على فرك الدولاب . ثم بقية الادلي على الجانب ف تعطي قوة للدولاب بمقدار ثقل الماء الذي فيها ويكون الزخم الاعظم للماء

عند ف طرف القطر الافقي

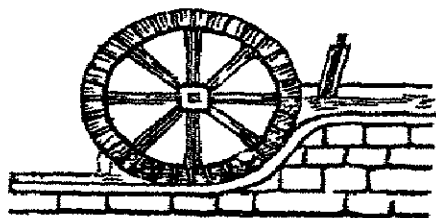
شكل ١٢٨



٢٠٨ اما الدولاب النحني فيدفعه زخم المياه الجارية كما في (شكل ١٢٨) التي تلطم فراش الدولاب على الجانب

الاسفل ويستعمل حيث تكون كمية الماء وافرة ولكن علوها قليل

شكل ١٢٩



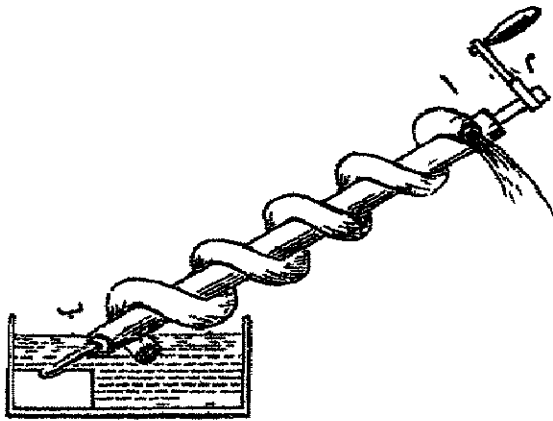
٢٠٩ اما الدولاب الجانبي فيحركه ثقل الماء وزخمه معاً كافي (شكل ١٢٩) ولذلك يخنار حيث يكون مقدار الماء

كافياً ولكن ليس دائماً وإفراً جداً. والماء يلطم سطوح عوارض
الدولاب المستعرضة المتصلة بجافته على زوايا قائمة على محيطه. وهي
موضوعة قريبة للماء بحيث تحمله كالآدي وممر الماء يصنع
مستديراً لكي يناسب استدارة الدولاب

٢١٠ لولب أرخميدس. ان هذا اللولب آلة قيل اخترعها

في مصر الفيلسوف المذكور لاجل اصعاد الماء عند فيضان النيل

شكل ١٢٠



من الأراضي المنخفضة أو

لاجل اصعاده من النيل.

وهي من اقدم الالات

المصنوعة لاجل رفع الماء.

وهذه الآلة كما ترى

(شكل ١٢٠) مولفة من

حية ملتفة لفاً لولباً حول اسطوانة مصممة اب التي تدار

بالمسكة م. وهذه الاسطوانة توضع غالباً مائلة ٤٥° على سطح

الافق ويجوز ان يبلغ ميلها الى ٦٠° اذ يستقر طرفها الاسفل في

الماء وعند ما تدار تنغرس فوهة الحية السفلى بالماء كما ترى ويدخل

جانب منه فيها. وبدوام ادارة الاسطوانة يجري الماء الى اسفل

في الحية اذ تكون سطحاً مائلاً عليها كما يتضح لك ذلك من مراجعة

البرغي (رقم ١٦٢) فيستقر في الجانب الاسفل من الحية ثم في الدورة الثانية يدخل جانب اخر في الفوهة ويجري في الحية وهم جراً فيتفرغ الماء من فوهة الحية العليا . ولا يخفى انه يقتضي ان يكون ميل الحية على الاسطوانة اعظم من ميل الاسطوانة على سطح الافق لكي تميل الاولى على سطح الافق بمقدار الفرق بين ميلها فيهبط الماء فيها ويجري الى اعلى والا فلا تحصل فائدة . وقد تستعمل هذه الآلة لغير رفع الماء كرفع سبائك من حفرة معدن ورفع الحبوب من مخزن في الاماكن التي تصنع فيها البيرا

٢١١ مقاومة السائلات . ان سبب مقاومة السائل لجسم متحرك فيه ناتج عن الاستمرار وجاذبية الالتصاق فيه والفرك . اما الاخير فالارجح ان تأثيره قليل في المقاومة واما الثاني فضعيف في اكثر السائلات بمقابلته مع الاستمرار

فالسبب المعتبر فيما ياتي اذاً لمقاومة الاجسام الجارية في السائل هو استمراره لانه لما كان ذا استمرار على حالة السكون يقاوم الجسم المتحرك فيه برد الفعل عند ما يدفع ما في طريقه منه (رقم ١٠٤)

٢١٢ المقاومة التي يلاقها سطح عجا في سائل على جهة عمودية على السطح هي كربع سرعته . لانه مهما اكتسب السائل

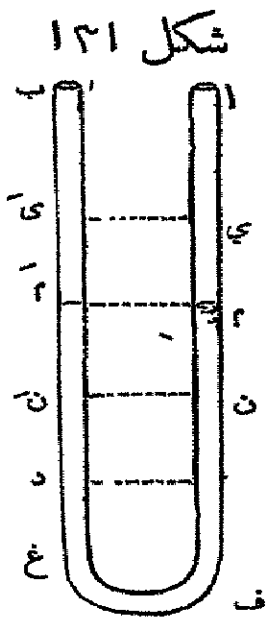
من الحركة او الزخم يبطل بمقدار ذلك من الجسم المتحرك فيكون زخمه كناية عن المقاومة . اما الزخم فيختلف كاختلاف كمية المادة والسرعة معاً . فلنفرض المقاومة المذكورة او الزخم يساوي m وكمية المادة تساوي K والسرعة تساوي s فاذا $m \propto s$ $K \propto s$ وانما كمية السائل المندفعة متناسبة للسرعة اي $K \propto s$ اذا $m \propto s$

هذه القضية تصادقها المشاهدة اذا كانت السرعة قليلة كسرعة المراكب والقوارب في الماء ولكن اذا زادت السرعة جداً كسرعة كلة مدفع في الماء فالمقاومة تزداد بنسبة اعظم من نسبة ازدياد مربع السرعة ولعل السبب في ذلك انه متى تعاظمت السرعة جداً يصير للفرك وجاذبية الالتصاق تاثير قوي . ولما كانت المقاومة تزداد بازدياد السرعة فالسرعة التي بها يمكن ان يحرك مركب ذو قلوب او بخاري هي معتدلة . لان المركب الذي تسوقه ربح "تتحرك ٦٠ ميلاً في الساعة لا تكون سرعة جريه اعظم من ١٢ او ١٤ في الساعة . ولكن الهواء له خصائص السائل كما سيأتي فالجسم المتحرك فيه كالعرياث وخلافها تجري مقاومتها على ذات هذا القانون وهوان المقاومة تزداد على نسبة ازدياد مربع السرعة اي انه اذا تضاعفت السرعة نصير المقاومة اربعة اضعاف او صارت عشرة اضعاف فتصير المقاومة مئة ضعف وهلمّ جرّاً واما الجسم الساقط في الهواء بالجاذبية الى بعدٍ مديد لا تدوم سرعته تتزايد في كل البعد بموجب ناموس الاجسام الساقطة بل اخيراً مقاومة الهواء تجعل حركته متساوية

٢١٢ تخرج الماء : اذا انكبس وجه الماء في مكان فالعمود المكبوس يهبط الى تحت وجه السائل الاصلي والعواميد المتصلة

به تصعد فوقه وبعد ذلك اذا ترك لذاته تهبط العواميد التي ارتفعت وبلا استمرار تنزل تحت وجه السائل وترتفع المتصلة وهلم جراً الى ان تتلاشى هذه الحركة الناتجة عن الاستمرار بواسطة الفرك وصد الهواء فيرجع سطح الماء مهبطاً راکداً كما كان اولاً. وهذه

الحركة يقال لها التموج وعلى هذه الكيفية
تحدث امواج او تموج في البحر او البحيرات او
الماء في وعاء بواسطة كبس الريح او خلافا
عليها



ان العلامة استق نيوتن اول من لحظ المشابهة
بين حركة الامواج وخطران عمود من الماء في انبوبة
معينة وعلى ذلك بنى حكمة الآتي ذكره في التموج.
ليكن ا ف غ ب في (شكل ١٢١) انبوبة ملتوية ذات

فراغ سعة واحدة وجدرانه متوازية بعضها لبعض عمودية على الافق. ولنفرض
انها امتلأت ماء او سائلاً آخر الى عمق م م فاذا كبس عليه عند م حتى يصل
العمود الى ن مثلاً يصعد الى ي في الجانب المتقابل . ثم اذا زال الكبس
فالعمود الطويل ي ف يطلب الرجوع لكونه اثقل من ن غ الى م حيث
كان اولاً. ولكن العمود الصاعد ن غ لا يقف عند م وإنما بداعي استمراره
واستمرار عمود ي ف يصعد الى ي اي الى حد العلو المساوي للعمق الذي
نزل اليه ويكون قد هبط ي ف الى ن. ثم يهبط ايضاً وهلم جراً وهذه الحركات
المتوالية تدوم الى ان تتلاشى بمقاومة الهواء والفرك . اما هذه المخاطر فكل

منها اقصر من الاخرى ولو جعل لها واسطة لتبقىها متساوية لكانت تدوم مثل
خطرات الرقاص تماماً . وعلى هذا المبدأ يحصل تموج في المياه اذا فعلت قوة
ما على وجهه كقوة الريح او سقوط حجر او خلاف ذلك . لان الماء الذي
يهبط بتلك القوة يرفع الماء المتصل به وهذا المتصل به وهلم جرا الى ان يتلاشى
التموج بفرك الماء بعضه على بعض وصد الهواء . ولكون العمود الهابط يرفع
عموداً محيطاً به مساوياً له اذا كان مستديراً اذا يحصل تموج مستدير حيث
تفعل القوة على دائرة او شبهها في حوض او نهر او في البحر اذا كان مأوئاً
راكداً ووجهه مستوياً

٢١٤ يظهر من الامتحانات والملاحظات ان الريح لا تستطيع
ان تنزل الماء الى عمق بعيد لانه في الانواء الشديدة لا يكاد ماء
البحر ينزل الى عمق ٣٠ قدماً تحت وجهه الاصلي والمرجح انه لم
ينزل قط الى عمق ثلاثين قدماً . فلا يصدق قول البحرية حينما
يبالغون في تعاضل الامواج وتعاليلها . ويقتضي ان يعتبر انه في الانواء
تتعاضل الامواج الى مقدار مهول بداعي تكوّن امواج على امواج لانه
اذا كانت الريح تهب دائماً ترفع موجة على اخرى وهلم جرا

٢١٥ اذا كان عمق الماء كافياً لحركته بسهولة فلا تتقدم
الامواج بفعل الامواج المحيطة بها بل تبقى في مكانها . ولكن ان
قام صخر قرب وجه الماء او كان الماء قريباً الى الشاطئ فاعاق
حركتها تجري الامواج في جهة التموج . وذلك لان الماء العميق لا

يوازنه الماء على المكان القليل العمق ولذلك يميل
الى الجريان في تلك الجهة فتتفلش الامواج
وتزبد وهذا ما يقال له عند العامة فقش
الموج وقد يراد بفقش الموج مكان

ازباد الموج



الباب الخامس

في الهوائيات وفيه مقدمة وستة فصول

المقدمة

في ماهية المحلّد وخصائصه

٢١٦ الهوائيات فن يبحث فيه عن توازن السائلات المرنة وحركتها. ونقسم السائلات المرنة الى قسمين غازية وبخارية . اما البخار فسائل مرّن ينتج عن سائل آخر او جسم صلد بفعل الحرارة ويرجع الى حالة السيالان او الجمهودة بواسطة البرودة . كالبخار الصاعد من ماء غالٍ فانه بسهولة يتحول بالبرودة الى سائل . اما الغاز فسائل مرّن لا يتحول الى سائل غير مرّن او جامد الا بعض انواع منه ببرودة شديدة او بضغط فائق العادة يحوله الى سائل كحامض الكربونيك . فهو الجلد من هذا الصنف واليه سينتجه كلامنا بنوع مخصوصي في ايضاح فعله الميكانيكي لانه كثير الاستعمال لهذه الغاية

٢١٧ ان هواء الجلد هو السائل المرين المحيط بكرة الارض وهو يحتوي عدة غازات اخصها الاكسجين والنيتروجين ويمتزج الاول مع الثاني بنسبة % مع % مع كمية قليلة من حامض الكربونيك وبخار الماء . وهذا الهواء ضروري للانسان وسائر الحيوان لانه يتنفسه با دخال كمية منه الى الرئتين واخراجها على الدوام . وهذا التنفس نشوقف عليه الحياة الحيوانية لان الرئتين تاخذان من الهواء في كل نفس ما يلزم للحياة من الاكسجين وتطردان صحبته ما يضر بالحياة من الكربون الذي يتجدد دائماً في الدم . وهو ضروري لنمو النبات ايضاً لانه يمتص مقداراً عظيماً منه لثموه . وامتصاصه الهواء بعكس تنفس الحيوان لانه ياخذ الكربون ويطرد الاكسجين فياخذ كل منها ما يطرده الآخر كما يبين ذلك باسهاب في الفسيولوجيا والكيهيا . والحكمة في ذلك قصد حصول التبادل بين الحيوان والنبات فياخذ كل منها ما ينبذه الآخر لكي لا يزيد كل من الغازين المذكورين ولا ينقص فكلما الزيادة والنقصان مضر . ولهذا لا يحسن تكثير النبات والاشجار في مكان مستوطن ولا تقليلها . وسنوضح خصائص الهواء بثلاث قضايا

اولها ان الهواء مادة وذلك لانه يشعر به باللمس وله خواص المادة المذكورة سابقاً . اما امتداده فلا يحتاج الى برهان . واما

عدم تداخله فيبان من انه اذا غطس اناء في الماء وأديرت
 قاعدته الى فوق وقبته الى اسفل فالماء لا يصعد في الاناء ويملاء
 الى اعلاه منها عمقناه في تغطيسه بل يصعد فيه قليلاً بضغطة
 الهواء داخله. وذلك ليس الا لعدم امكان تداخل الماء في الهواء ضمن
 الاناء حيث لا منفذ لاحدهما. وكذلك اذا ادخلنا في فم اسطوانة
 محبوبة صقلة مذكاً يدخل فيها دخولاً محكماً ويتحرك فيها بسهولة
 لا تستطيع قوة منها كانت عظيمة ان تجعله يماس اسفل الاسطوانة
 ما لم تعمل طريقة لخروج الهواء من داخلها. اما استمراره فيتنضح
 من مقاومته الاجسام التي تتحرك فيه كما اذا حرّكت فيه شمسية
 مفتوحة مثلاً على جهة موازية لعصاها. اما ثقله فيظهر من انه اذا
 وزناً وعاء ثم اخرجنا منه الهواء بطريقة سيأتي ذكرها ووزناه ثانية
 يخف عن الاول. فوعاء يسع ٤٢ اوقية طيبة من الخمر (نحو ٧ ½
 اواق) يخف ١٨ قحمة بعد اخراج الهواء منه عما كان قبلاً. و ١٠٠
 عقدة مكعبة من الهواء تزن ٢ ½ قحمة

ثانيها. الهواء سائل وذلك يتبين ليس من سهولة تحرك
 دقائقه فقط بل ايضاً من خصائص السوائل المهيضة لها عن
 غيرها وهي ان جزءاً من الهواء في حالة السكون يضغط وينضغط
 الى كل الجهات على التساوي وان ضغطاً او لطمة على جزء من

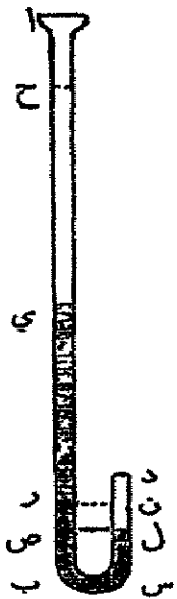
الهواء يمتد في جميعه ويؤثر في كل جزء على التساوي كما مر في
تموج الماء (رقم ٢١٢)

ثالثها ان الهواء سائل مرن وذلك يظهر من انه اذا ضُغِطت
مثانة منتفخة ورفع عنها الضغط ترجع حالاً الى هيئتها الاولى ومن
حيث ان الهواء اذا ضُغِط يرجع او يميل ان يرجع الى حاله بالقوة
التي ضغطها بنفسها فهو جسم تام المرونة (رقم ١٠١ و ١٠٢). ولا نعني
بذلك ان قوة مرونته لا تزداد ولا تنقص لانه كل ما زاد انضغاطه
زادت بمقدار ذلك مرونته وانما نعني انه يرجع الى حالته الاولى بقوة
ضغطه تماماً

٢١٨ ان حجم ثقل مفروض من الهواء هو بالقلب كقوة

شكل ١٢٢

الضغط عليه



ليكن اب س د انبوبة زجاج مفتوحة عندا ومسدودة
عندد كهذا الشكل وليصب فيها زيت . فالزيت يميل الى
ان يكون على علو واحد في ذراعي الانبوبة كما مر (رقم ١٧٨)
ولكن الهواء في س د يقاوم صعوده بمرونته فيكون اعلى كثيراً
في اب مما في س د منضغطاً الى نصف حجمه د ل فوق
الزيت فيعمود الزيت س ل يوازن حينئذ العمود المساوي
له ب ص والعمود ص ي يكون قياس قوة مرونة الهواء
المنضغط . فاذا اضيف زيت يبعد العمود س ل فلنفرض
صعوده الى ن حتى ينضغط الهواء الى علود ن ربع حجمه

الاصلي . فيوجد بالقياس ان رح الذي هو قياس مرونة الهواء في د ن هو ضعف علوص ي تمامًا . وبناءً عليه يقتضي ضغط مضاعف لتحويل كمية من الهواء الى نصف حجمها وعلى هذا الاسلوب يبين ان ثلاثة اضعاف الضغط تصير الحجم ثلثًا وبالاجمال الحجم هو بالقلب كقوة الضغط

لما كانت قوة مرونة الهواء تختلف كقوة الضغط لانه تامر المرونة ويرجع بالقوة التي يُضغط بها وقوة الضغط بالقلب كالحجم كما مر والكتافة تختلف ايضًا بالقلب كالحجم كما لا يخفى فقوة مرونة الهواء تختلف ككتافته

الفصل الاول

في البارومتر

٢١٩ البارومتر هو مقياس ثقل الهواء . وهو آلة مركبة من انبوبة زجاج سعة فراغها اعظم جدًّا من سعة فراغ انبوبة الترمومتر متصلة بكيس من جلد مملوء زيتًا والزيت صاعد منه في الانبوبة الى علو نحو ٢٢ عقدة فوقه . وهذه الانبوبة مركزة على خشبة مستطيلة على جانبيها مقياس من عاج مقسوم الى ٢٢ او ٢٤ عقدة وكل عقدة الى اعشار . واول مخترع لهذا المقياس معلم

طبيعي اسمه طورسلي في فلورنسا سنة ١٦٤٢ . ولجل ايضاح كيفية اصطناعه نقول انه اذا اخذنا انبوبة زجاج طولها نحو ثلاثة اقدام مسدودة عند الطرف الواحد ومفتوحة عند الآخر وملأناها زيتاً ثم قلبناها في وعاء مملوء زيتاً بجيلة تبقي الزيت في الانبوبة حتى لا ينصب منها عند قلبها الى الارض ثم غمسنا الطرف المفتوح في وعاء فيه زيت ايضا كطست او كيس جلد كما في (شكل ١٢٢) فعمود الزيت يسقط الى علو معلوم نحو ٢٩ او ٣٠ عقدة حيث يستقر بعد ارتجاجات قليلة . اما الفسحة في الانبوبة فوق الزيت فاذا كانت خالية من الهواء او من اي مادة اخرى خلا فيه هي بلا شك فراغ تام . وتسمى غالباً الفراغ الطورسلي نسبة الى الشخص المذكور . ولجل ابقاء هذا الفراغ خالياً من الهواء او من اي غاز اخر يقتضي الاحتراس الكلي من جملة امور لكي يبقى الفراغ تاماً

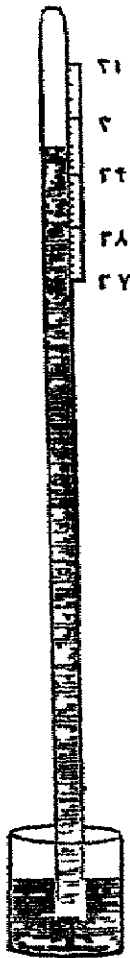
٢٢٠ ان علة صعود عمود الزيت الى هذا العلو فقط هو بدون شك ضغط عمود من الهواء يوازنة قاعدته تساوي قاعدة الاول على كيس الزيت ولا بد ان يكون مساوياً له ثقلاً والاما توازنا . فعلى ذلك يمكننا ان نتوصل الى معرفة ثقل الهواء او ضغطه الحقيقي بطريقة مدققة اذ كان عمود الهواء يساوي ثقل عمود

من الزئبق من دات قاعدته علوه ٢٠ عقدة . ولا يخفى سبب مساواة قاعدتيها على الفطن من ملاحظة السائلات فيما مر لان عموداً من السائل يوازن عدة عواميد منه متصلة به كما يوازن واحداً . فثقل عمود من الزئبق بهذا العلو يعرف بسهولة لانه لما كانت عقدة مكعبة من الماء وزنها ٢٥٢.٥٢٥ قحمة والزئبق هو ١٢.٥٧ مرة اثقل من الماء فعقدة مكعبة من الزئبق تزن ٣٤٢٦.٧٦ قحمة و ٢٠ عقدة تزن ١٠٢٨.٢٤٨ قحمة ولكن ٧.٠٤ قحمت تساوي ليبرا فيكون ثقل العمود من الزئبق الذي علوه ٢٠ عقدة وقاعدته عقدة مربعة يساوي $\frac{١٠٢٨ \cdot ٢٤٨}{٧.٠٤}$ = ١٤.٧ ليبرا . فينتج ان كبس الهواء على كل عقدة من سطح نحو ١٥ ليبرا او اكثر من ٢٠٠٠ ليبرا على كل قدم مربع واذا ضربنا هذا العدد في الاقدام المربعة على سطح الارض نعرف ثقله كله . واذا ضربنا ٢٠٠٠ ليبرا في ١٤ قدم معدل مساحة جسم الانسان فالحاصل = ٢٨٠٠٠ ليبرا اولان الليبرا = ١٤٤ درهم تكون ٢٨٠٠٠ ليبرا = ٥٠٤٠ رطلاً او نحو ٥٠ قنطاراً من الهواء يكبس من كل الجهات على الجسم الانساني . ثم لما كانت السائلات المختلفة توازن بعضها بعضاً في عواميد متقابلة اذ تكون علواتها بالقلب كثقلها النوعي كما مر (رقم ١٨٠) فعمود من الماء مكان

الزئبق يرتفع الى علو نحو ٢٤ قدماً لان الزئبق اذا كان ١٣٠٥٧ مرة اثقل من الماء فعمود من الاخير يقتضي ان يكون ١٣٠٥٧ مرة اعلى من الاول اي $١٣٠٥٧ \times ٢٠ = ٢٦١١٠$ عقدة $= ٢٢٢٦٢٢$ قدماً او نحو ٢٤ قدماً

٢٢١ بملاحظة علو عمود الزئبق المذكور من يوم الى يوم

نجد انه يتغير في فسحة عقدتين او ثلاث دالاً شكل ١٣٢

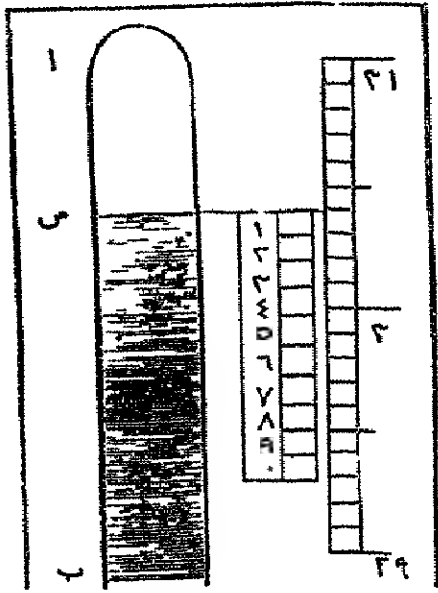


على ان هواء الجلد لا يضغط دائماً ضغطاً متساوياً بل ان عموداً مفروضاً من الهواء احياناً اخف واحياناً اثقل . ولغاية معرفة ثقل عمود الهواء بالتدقيق بقياس تغيرات العلو قد اصطنع مقياس متصل بالبارومتر مقسوماً الى عقد واشار عقد وغالباً ممتداً من ٢٧ الى ٣١ عقدة (شكل ١٣٢) وهذه الفسحة تنوف عما يلزم لاجل معرفة كل التغيرات الطبيعية في ثقل هواء الجلد ولهذا سميت هذه الآلة باروميتر اي قياس الثقل ٢٢٢ اذ كانت تغيرات الثقل هذه احياناً

دقيقة جداً قد اخترع رجل اسمه فرنير من مدينة بروسيل مقياساً اخر يسمى المدقق والاورويون يسمونه فرنير كاسم المخترع متصل

بالمقياس الذي ذكرناه بواسطة تحسب اعشار العشر من العقدة اي الاجزاء من مئة من العقدة . وهذا الفرنير مصنوع من صفية صغيرة تتحرك الى فوق وإلى تحت على مقياس البارومتر بواسطة برغي او مسمار ومقسوم كما سيأتي

ليدل اب كما في (شكل ١٢٢) على القسم الاعلى من البارومتر اذ يكون وجه الزئبق عند س اعني بين خطي ٣٠٠٢٣ و ٣٠٠٢٤ عقدة ولم يطابق احدهما فنستدل منه على علوه بل يكون



شكل ١٢٤

علوه أكثر من العدد الاول واقل من الثاني . ولكي تعرف عند كم من العلوه هو فوق خط ٣٠٠٢٣ من اعشار عشر العقدة اي اجزاء من مئة اجعل اعلى المدقق مطابقاً لوجه الزئبق ثم انزل بالنظر الى ان تجد مطابقة احد خطوط التقسيم من المدقق لاحد خطوط اعشار العقدة فترى المطابقة عند القسم الثامن من المدقق كما في (شكل ١٢٤) ولما كان طوله يزيد

عن طول العقدة بمقدار عشر العقدة وهو مقسوم ايضاً الى عشرة اقسام فعشرة اقسام - ١ من اعشار العقدة . فكل قسم منه يربح عشر عشر العقدة اي ٢٠١ من عقدة من خطي المطابقة فصاعداً وبالضرورة الثمانية اقسام تربح ٢٠٨ . فكيفية الكسر اذاً فوق ٣٠٠٢٣ هي ٢٠٨ من عقدة وعلو الزئبق يكون ٣٠٠٢٣٨ . وقد يقسمون المدقق الى ٦٠ قسمًا اذ يكون طوله يساوي ٦١ قسمًا من اقسام مقياس البارومتر المحسوب كل قسم منها درجة فيربح حيثئذ

كل قسم منه $\frac{1}{10}$ لانه في ٦٠ درجة برنج درجة واحدة فيمكننا من ذلك ان نستعمل الدقائق . واذا كان المقياس مقسوماً الى دقائق وطول المدقق ٦١ دقيقة وهو مقسوم الى ٦٠ قسمًا تُعرف منه الثواني اذا لم يطابق علو الزئبق احد خطوط تقسيم الدقائق

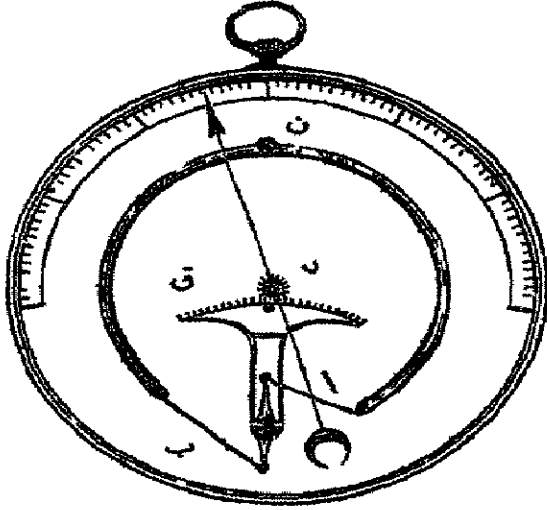
١٢٣ اذا عمل البارومتر لكي يثبت في مكان واحد فالوعاء المحنوي الزئبق يُستحسن اصطناعه على هيئة طاجن واسع . لانه عند صعود الزئبق في حوض قليل السعة اذ يتزل في الانبوبة رد الفعل من الجوانب يرفع الزئبق فيها فيقتضي لاجل ذلك اصلاح . واكن في حوض وسيع الفرق لذلك قليل جدًا فلا يعتد به

٢٢٤ توجد انواع اخر من البارومتر جميعها اصطُنعت على المبدأ المذكور وهو ان يجعل ضغط الهواء على مادة امامها فراغ . فيمكن ان يصنع بارومتر ماء بموجب التدبير المذكور لبارومتر الزئبق نفسه . غير انه اذا كان يقتضي ان يكون علو عمود الماء حيثئذ نحو ٣٤ قدمًا لا يناسب اصطناع بارومتر كهذا للنقل من مكان الى اخر بل يقتضي ان يصنع ثابتًا . ولا تخفى طريقة اصطناعه على الفطن اذا احسن اعتباره فيما مر من الكلام على بارومتر الزئبق

وقد اخترع نوعاً من البارومتر رجل يقال له بوردون من باريزوسي بالاضافة اليه بارومتر بوردون المعدني . وقد اصطنعه من معدن اخر غير الزئبق ولذلك وصف بالمعدني

اما هذه الآلة فهو آلة كما ترى في (شكل ١٢٥) من سير من نحاس

شكل ١٢٥



رقيق ذو فراغ ومخني بهيئة قوس دائرة . وهذا السير بعد ان يفرغ منه الهواء ويسد سدا محكما بتدبير كيميائي يربط في وسطه حتى يتحرك طرفاه بسهولة فينقصان ضغط الجلد يفترق الطرفان ويزيادته يتقاربان . وبواسطة الشريطتين اوب والقوس المستقيم الذي يحرك

الدولاب دئصل حركة طرفي السير ن الى العقرب ع الذي يدور على قوس مقسوم الى درجات في سطح ايض . فمتى زاد ضغط الهواء يدور العقرب المذكور الى جهة دوران عقارب الساعة ومتى نقص فبالعكس كما لا يخفى من النظر الى الشكل . وعلى هذه الدرجات يُعَيَّن مكان المطر ومكان الصحو . وتحفظ كمية الاقدام لا تتقال العقرب درجة واحدة الى اليمين بالانزول او الى اليسار بالصعود . اما سبب تقارب طرفي السير بزيادة ضغط الهواء فكون جدرانها النحاسية رقيقة لدنة فتزيد تحديدا بزيادة كبس الهواء على جانبيه من خارج ولا مقاومة من داخل لفراغه من الهواء وبالعكس بقله ضغط الهواء

وقد اخترعوا انواعا اخر من البارومتر لاحاجة لذكرها لان من عرف هذه المذكورة لا يخفى عليه غيرها

٢٢٥ لما كانت تغيرات البارومتر في مكان واحد بحسب تغيرات ثقل الهواء فيه وكانت هذه التغيرات متوقفة على اختلاف

الطقس فتصلح هذه الآلة أيضاً ان تكون مقياساً للطقس وبها يعرف تغير طقس قبل حدوثه بوضع ساعات لانه بصعود الزئبق في البارومتر تستدل على صفاوة الطقس وبتزوله على تعكرها كان علوه وهذه الدلالة اعظم دلالات البارومتر اعتباراً. وكذلك هبوط فجائي قد تصحبه ريح عاصفة وقد تاتي عقيبها مراراً كثيرة. وعلة نزول البارومتر هي بلا شك خفة الهواء في ذلك المكان الذي هو فيه. وعلة خفة الهواء هي ان الرطوبة البخارية المنتشرة والمتزجة فيه الزائد بها ثقله النوعي تحول يبرد الرياح او غيره الى نقط ماء في وسطه كما سيأتي فتقل رطوبته وبالنسبة يخف ثقله

٢٢٦ ان معدل ضغط هواء الجلد المدلول عليه بالبارومتر على سطح البحر في كل اقاليم العالم سواء ولا يختلف الا قليلاً جداً ويعادل تقريباً ٢٠ عقدة من الزئبق. وهذه الحقيقة قد أثبتت بمراقبات عديدة للبارومتر في نصف الكرة من الاقاليم الاستوائية الى القطبية. والاعداد الآتية تدل على معدل الضغط لعدة اماكن في اعراض مختلفة من بعد الاصلاح لمعدل الحرارة والبرودة والارتفاع عن سطح البحر وتأثير دورة الارض وهي على التساوي تقريباً

علو بارومتر	عرض°	
٢٩٤٧٧٦	°٢٢'٣٥	كلكتا
٢٩٤٨٢٧	°٥١'٣١	لندن
٢٩٤٨٣٥	°٥٥'٥٦	ايدنبرج
٢٩٤٨٨٤	°٧٤'٣٠	جزائر مليل

ولكن فسخة التغير ولئن يكن معدل ضغط الجلد متساوياً تقريباً على سطح البحر في كل كرة الارض تختلف جداً باختلاف الطقس في اعراض مختلفة . ففي الاقاليم الاستوائية اختلاف البارومتر يكون في فسخة اقل من القطبية وفي المناطق المتجمدة يكون في فسخة اقل من المعتدلة . وبين خطي السرطان والجدي سعة تغير البارومتر لا تزيد عن ربع عقدة كثيراً . وفي نيويورك لا تزيد عن $\frac{1}{2}$ عقدة اذ يكون في بريطانيا مقدار ٣ عقد . والتغير الاعظم اتساعاً يحدث بين عرض ٣٠° و ٦٠° حيث يحدث تغيرات الطقس السنوية باشد قوة لاجل نزول الامطار على المنطقة المعتدلة التي جعلها الخالق الانسب للسكن وجعل معظم اليابسة فيها

ثم انه يحدث في البارومتر تغيرات مختلفة في مدة ساعات النهار والليل تُسمى تغيراته الساعائية ولتحقق معدل هذه في مكان

مفروض يقتضي مراقبات عديدة متصلة منها يعرف معظم العلو
واقلة

٢٢٧ انه بعد اختراع البارومتر بمدة قصيرة قد لوحظ ان
الزئبق يهبط اذا حُلَّت الالة الى مكان اعلى . وقد وجد ان
الهبوط يكون $\frac{1}{10}$ عقدة لعلو ٨٧ قدماً . ومن هذه الملاحظة نستعلم
ثقل الهواء النوعي قرب سطح الارض تقريباً بالنظر الى الماء .
فان $\frac{1}{10}$ عقده من الزئبق يظهر ان وزنها يساوى ٨٧ قدماً او
١٠٤٤ عقدة من الهواء . وبالنسبة عقدة من الزئبق توازن ١٠٤٤
عقدة من الهواء اي ان ثقل الزئبق هو ١٠٤٤ ضعف من الهواء اذا
تساويا في الحجم . والماء هو $\frac{1044}{13600} = 769$ مرة ثقل الهواء فيكون
ثقل الهواء النوعي بالنسبة الى الماء المقطر $\frac{1}{769} = 0.0013$ (راجع
رقم ٤٣)

الفصل الثاني

في الجلد ومتعلقاته

٢٢٨ مما تقدم من الكلام على خصائص السائلات المرنة

يسهل على التلميذ ادراك القضايا المتعلقة بهواء المجلد التي ستذكر
فلندخل الان في البحث عن ثقله وامتداده وكثافته وتغيراته
بالحرارة والرطوبة وهلم جرا

انه من البارومتر سهل علينا ان نحسب ثقل هواء المجلد .
لانه اذا اعتبرنا ان عمودا من الزيت معدّل علوه ثلاثون عقدة
يساوي عمودا من الهواء بسعته يكون ثقل المجلد يساوي بجرّا من
الزيت يغطّي كل سطح الارض عمقه ٢٠ عقدة او قدما نصف
يجعل مع الارض كرة قطرها اطول من قطر الارض بخمسة
اقدام . ويكون جرم هذا البحر من الزيت يساوي الفرق بين جرم
الارض وجرم الكرة المشار اليها ومتى حصل لنا كمية الاقدام
المكعبة لذلك يبقى علينا فقط ان نضربها بثقل القدم المكعب من
الزيت لاجل معرفة ثقل الزيت المحيط بالارض الذي ينبغي ان
ثقل الهواء . ولان ثقل الزيت النوعي = ١٢٠٥٧ و ثقل قدم من
الماء = ٦٢ ١/٢ ليبرة فالقدم المكعب من الزيت = ١٢٠٥٧ x
٦٢ ١/٢ = ٨٤٨٠١٢٥ ليبرة وهذه صورة العمل

لتكن ر نصف قطر الارض وب - علو الزيت وم - نسبة المحيط
الى القطر وهي ٣٠١٤١٥٦ فجرم الارض = $\frac{4}{3} \pi R^3$
وجرم الكرة الحاوية الزيت = $\frac{4}{3} \pi (R+b)^3$
وجرم الزيت = $\frac{4}{3} \pi (R+b)^3 - \frac{4}{3} \pi R^3 = 4 \pi (R^2 b + R b^2 + \frac{1}{3} b^3)$

وسائلات آخر (٦) جاذبية القمر وغيره من الاجرام السماوية .
 وكون الصفائح السفلى من الجلد اقل جثا من العليا يتضح من ان
 الجلد فوقها هو كما يظهر مما مرجس جثا

٢٢٠ ان كثافة الهواء هي كالمرونة او كالقوة الضاغطة كما

تقدم (رقم ٢١٨). فكلما صعدنا من الارض يتناقص الثقل المحمول
 وتقل الكثافة بموجب هذا الناموس وهو

كثافة الهواء تتناقص بنسبة هندسية كترأيد البعد من
 الارض بنسبة حساية

لنفرض ان صفائح الهواء محسوبة رقيقة جدا حتى يسوغ ان تعتبر ذات
 كثافة واحدة. ولتكن الصفحة السفلى ا والتي تليها ب والثالثة ت وهلم جرا .
 ولتكن ايضا آ ثقل عمود الجلد كله المحتوي ا وب ثقل العمود المطروح
 منه ا وت ثقله اذا طرح منه ا وب وهلم جرا . فثقل الصفحة الاولى هو
 آ - ب وثقل الثانية ب - ت الخ . ولنا كثافة جسمين من حجم واحد
 نختلف كثقلهما فاذا كثافة ا : كثافة ب :: آ - ب : ب - ت . ولكن اذ
 كانت الكثافة كالضغط كما مر والضغط كناية عن ثقل جرم الهواء الضاغطة
 من اعلى تكون نسبة كثافة ا : كثافة ب :: ب : ت وبمساواة النسب آ - ب
 : ب - ت :: ب : ت اي ان آ ت - ب ت - ب آ - ب ت اي آ ت -
 ب ونسبة آ : ب :: ب : ت . وهكذا يبرهن ان ب : ت : ت : ت وهلم جرا
 اي ان الانتقال على الصفائح المتوالية وبالنتيجة لكثافتها هي على سلسلة هندسية .
 فاذا كان الهواء على بعد معلوم من الارض نصف ثقل الذي عند سطح

الارض فالهواء الذي على ضعف ذلك البعد يكون ربع ثقله او الذي على ثلاثة اضعاف البعد يكون ثمنه وهلم جرا

انه بواسطة مراقبات البارومتر في اعراض مختلفة وعمل الحساب بموجب تلك المراقبات قد عُرِف بالتاكيد انه عند علو سبعة اميال فوق الارض كثافة الهواء هي ربع كثافته عند سطحها . فاذا اخذنا سلسلة حسائية فضلها المشترك سبعة لتدل على علوات مختلفة وسلسلة هندسية ضاربها المشترك $\frac{1}{4}$ لتدل على الكثافات المتعاقبة لها نعرف بسهولة كثافة الهواء في اي ارتفاع

فرض

سلسلة حسائية	٧	١٤	٢١	٢٨	٣٥	٤٢	٤٩
سلسلة هندسية	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{1024}$	$\frac{1}{4096}$	$\frac{1}{16384}$

فيظهر من هذه السلسلة انه عند علو ٢١ ميل لطافة الهواء اربعة وستين ضعف لطافته عند سطح الارض وعند علو ٤٩ ميلاً ستة عشر ألفاً وثلاث مئة واربعة وثمانين ضعفاً منها واذا مشينا في الحساب بالاستقراء نجد ان لطافته على بعد مئة ميل هي اعظم الف مليون ضعف ما على الارض وبالنسبة مقاومة هناك للجسام المتحركة فيه لا يشعر بها . فان المعلم لك صعد في بلون الى حيث سقط بارومتره الى اثنتي عشرة عقدة فاذا فرضنا البارومتر يستقر على وجه الارض في ذلك الوقت عند ثلاثين عقدة يتج انه قد صعد الى علو ثلاثة اخماس كل الجلد لان اثنتي عشرة عقدة خمسي ثلاثين قد وازنت عمود الهواء فوقه . فيكون علوه فوق عشرين الف قدم . واذا كانت الارض مثقوبة الى داخلها بحيث يدخل الهواء فكثافته تزداد نزولاً على اسلوب نقصانها صعوداً . وعند عمق اربعة وثلاثين ميلاً نصير كثافته كالماء وعند عمق ثمانية واربعين ميلاً يصير بكثافة الزبيق وعند عمق نحو ٥٠ ميلاً بكثافة الذهب . ثم قد يظن من القانون المذكور ان علو الهواء لا ينتهي

لكون الكثافة تدوم تناقص كهرج اليعد لكونه يميل ابداً الى التمدد كما مرّ . ولكن الامر ليس كذلك لان قوة ميل الهواء الى التمدد تضعف بضعف الكثافة فتصل الى درجة تساوى فيها بالجاذبية عند علو ما فتبطل

٢٢١ ان القانون المذكور لا يعطينا حساباً ضابطاً لاجل معرفة كثافة الهواء لعلو مفروض لان الكثافة يوتر فيها ظروف شتى كما ذكر قبيل هذا اما الجاذبية فليس لها تأثير يشعربه على اعالي مختلفة كاعالي الجبال فلا يلتفت اليها في الحساب مالم يقصد التدقيق الكلي . وانما تغيرات البرد والحرارة لها تأثير قوي في البارومتر ولذلك يكون من الضرورة ان يعتبر طقس معين في المراقبات واذا لاحظنا هذه الامور المختلفة يكون البارومتر مقياس مدقق لمعرفة العلو . واهمية ذلك حملت علماء هذا الفن على بذل الالتفات والاعناء التام به . اما علو الجبل من الحد الذي يتكسر فيه النور فهو نحو ٤٥ ميلاً ويعرف بواسطة الشفق وسنذكر ذلك عند الكلام على البصريات . ولعله يمتد الى علو ١٠٠ او ٢٠٠ ميل فوق سطح الارض

٢٢٢ انه كلما صعدنا من الارض في الجبل ثقل حرارة الهواء حتى نصل الى محل التجليد الذي يقال له حد التجليد الدائم وهو الحد الاسفل حيث يتجلد الماء في وقت معلوم ولو في الطقس

الحار وما فوقه تكون درجة حرارته تحت الصفر في الترمومتر. وعلو هذا الحد عند خط الاستواء نحو ثلاثة اميال ثم ياخذ بالانحطاط حتى يصير عند عرض ٣٥° نحو ميلين ويتلاشى عند القطبتين. اما علة استيلاء البرودة في الاصقاع العليا من الجلد فهي ان النور الآتي من الشمس المصوب بالحرارة يجناز في هذا الجلد المتوسط بدون حاجز لكونه شفافاً فلا يكتسب الهواء حرارته. فحرارة الشمس لا تكاد تؤثر فيه لو كان شفافاً تاماً واذا اكتسب شيئاً منها حيثئذ يكون بالمجاورة لا بالانعكاس. واما البخار والغيوم ومواد اخر فتقل شفافيته وتحجز جانباً من اشعة الشمس فتكسبه قليلاً من الحرارة. ولكن شعاع الشمس بوقوعها على الارض تكسبها حرارتها وسطح الارض يعكس جانباً منها وشفيفة الهواء التي تلي الارض تلتطف اذ تمتص جانباً من تلك الحرارة بالمجاورة وبالانعكاس فتصعد ويأتي هوائه آخر من الجوانب الى مكانها وهذا يتلطف ايضاً بحرارة الارض فيصعد وهلم جراً. والهواء الصاعد لا يبعد كثيراً قبل ان يبرد فينضغط ويتوازن في الثقل النوعي مع هواء اخر ويمتزج به فيكون الهواء المجاور للارض وسيلة لارسال الحرارة من الارض الى علو يناسب الحيوان والنبات وذلك علة لحدوث النسيم كما سيأتي فسبحان المبدع

الفصل الثالث

في الرياح ورطوبة الجلد

٢٢٣ ان الهواء لكونه سيالاً تاماً يتحرك باعظم سهولة مما يتحرك اضبط الميازين عند عدم حصول الموازنة ولو بفرق طفيف جداً . فيتحرك بالحرارة لانها تطفئه وبالنتيجة تجعل ثقله النوعي اخف مما يجاوره فيصعد اذ يجري هوائه آخر اكثف الى مكانه لاجل رد التوازن اي انه عند عدم موازنة عواميد السائلات الهوائية الاثقل منها يدفع الاخف . وكذلك يتحرك بالبرودة لانه اذا زادت كثافته بالبرودة يطلب النزول حينئذ لكون ثقله النوعي اعظم فينزل الى ان يلتقي بهواء آخر من نفس كثافته . وذلك نتيجة كونه سيالاً تاماً ومرناً تاماً

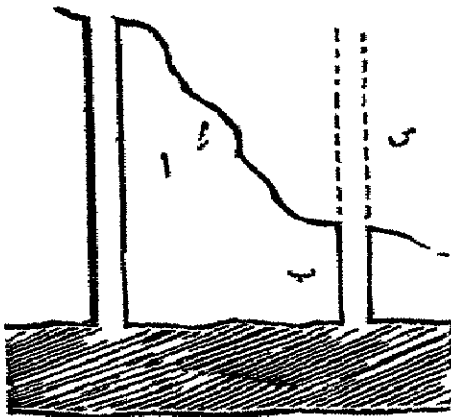
٢٢٤ ان ما ذكره لانه لانسحاب مجرى من الهواء في الدواخين والمستوفات . وليبان ذلك نقول ان عمود الهواء فوق النار يكون قد تطفئ بالحرارة فصار اقل كثافة من العمود خارج النار الذي هو من نفس علوه فيضغط الى اعلى ثم يصير هذا بالنار

اقل كثافة وبضغطة عمود آخر وهلم جرا. فيجري سري - ائم من
 الاوضة التي تُضرم فيها النار الى اعلى ماراً على تلك النار وذلك
 يكون واسطة لزيادة اشتعالها كالنفخ ووسيلة لاجراج الهواء البارد
 من الاوضة فتكون قد سخنت بالحرارة الموجودة فيها وباخراج
 الهواء البارد منها. وسبب صعود الدخان في الدواخين والقساطل
 مع كونه اثقل من الهواء هو سرعة المجري المذكور الذي يصادمه.
 اما كون الدخان اثقل فيظهر من انه اذا جعلنا مجرى منه يمر في ماء
 بارد بواسطة نفخه في انبوبة نراه يميل الى البقاء على وجه الماء. ثم
 انه اذا كان باب الستوف او الداخون متسعاً فلا يظهر نفخ الهواء
 لان سرعته تقل كاتساع مجراه كما مر في السائلات. فيقتضي ان
 تكون القساطل معتدلة الثخن لكي يسخن عمود الهواء بجمرة
 قليلة فيجري ويضرم النار. ويقتضي ان تكون ملساء لكي يكون
 فرك جوانبها على الهواء اقل لان الفرك يعيق الهواء اكثر مما يعيق
 السائلات غير المرنة. ثم لما كانت علة الحركة عدم توازن العمود
 خارج النار للعمود داخلها فكما زاد برد هواء الاوضة زادت قوة
 مجرى الهواء لكون الثقل النوعي للعمود الخارج يزيد بزيادة البرد
 اذ يصير اكد فيضغط بقوة اعظم وبالعكس اي كلما قل البرد
 قلت القوة. ولذا اذا أضرمت النار في الستوف حينما يكون الطقس

دافئاً يرجع الدخان ويملي الأوضة اذ يكون هواء القساطل ابرد من هواء الأوضة

١٢٥ ان نسيم الهواء في البيوت يكون غالباً مسبباً عن المبدأ المذكور فبواسطة منافذ متقابلة للهواء كالشبايك وخلافها يكون فرصة للهواء الخارج ان يزحم الهواء الداخل الخفيف الفاسد في المحل ويدفعه الى خارج فيحصل مجرى من الهواء ولذلك الأرض التي تحمى باضرام ستوفات منغلقة هي اولى بان يجعل لها تدبير خصوصي لكي يلعب النسيم فيها من التي تحمى بواسطة نار مكشوفة. لان المجرى الذي يمر على النار المكشوفة قد يجعل التغيير اللازم. واذا كان داخون في حائط اوضة فالاحسن ان يجعل منفذاً للهواء في الداخون في اعلى الأوضة اذ يجري الهواء الفاسد مع المجرى الحار فيه

شكل ١٢٦



وعلى هذا المبدأ قد يجعل لحفر المعادن تحت الأرض ابار من وجه الأرض اليها على اعماق مختلفة مفتوحة لدخول الهواء الخارج اليها. ليكن اوب في (شكل ١٢٦) بيرين ينتهيان على ارتفاع مختلف على جانب جبل. ولما كانت الأرض تبقى على درجة واحدة تقريباً من

الحرارة صيفاً وشتاءً فالهواء داخل البيرين يبقى على درجة واحدة كذلك اذ

يكون الهواء الخارج اسخن في فصل الصيف وابرد في فصل الشتاء من الهواء داخل المعدن فيكون الطف في الفصل الاول من الهواء الداخل واكثف منه في الثاني . لكن س عموداً من الهواء فوق ب واصلاً الى علو ا فالعمود س اخف صيفاً من الهواء داخل الارض ولذلك ب وس اخف من ا ويجري الهواء او النسيم يجري نازلاً في ا ماراً على حفرة المعدن صاعداً في ب وبذلك النسيم تنتعش فعلة المعادن . وفي الشتاء بما ان س اكثف من الهواء الداخل يكون مجموع ب وس ا ثقل من ا فتعكس جهة مجرى الهواء اس اي ينزل في ب ويصعد في ا .

وانما في الربيع والخريف حينما تكون كثافة العواميد واحدة لكون درجة الحرارة داخل الارض وخارجها واحدة تقريباً تحصل الموازنة بينهما فلا يتحرك الهواء ولذلك تشتكي الفعلة وقتئذ من حبس الهواء الخناق

٢٢٦ ينتج مما تقدم ان العلة الكبرى لتحريك الهواء اذ يجري رياحاً هي الحرارة والبرودة وما يؤيد ذلك ما قال بعضهم انه اذا وُضع حجر حام في اوضةٍ واطفأنا سراجاً قريبه نرى دخان فتيلة السراج يتحرك الى جهة الحجر ثم يصعد من عنده . فعدم الموازنة في الهواء الناتج عن الحرارة يحرك الهواء في مكان ما الى فوق اذ ياتي هواء اخر على جهة افقية لكي يشغل ذلك المكان . ولم تُشاهد حركة للهواء سوى على جهة افقية وعلة ذلك كون الهواء الاسفل هو الاكثف ولذا يملئ مكان الصاعد دون غيره فاذا صعد الهواء بالحرارة في مكان ياتي الهواء الاسفل من مكان اخر فتحصل حركة افقية

٢٢٧ ان النسيم يحدث غالباً في الأماكن المجاورة للبحر وبالاخص في جزائر المنطقة الحارة اذ يهب من البر الى جهة البحر ليلاً ومن البحر الى جهة البر نهاراً . وسبب حدوثه هوائه عند شروق الشمس في صباح صافٍ تكتسب الارض كمية من الحرارة من اشعتها الواقعة عليها فيكتسب الهواء المجاور للارض جانباً عظيماً من تلك الحرارة بطريقة المجاورة والانعكاس فيتلطف ويطلب الصعود اذ يصير ثقله النوعي اخف وعند ذلك ياتي هوائه من جهة البحر لكونه ابرد واثقل لمجاورته للمياه فيحصل من ذلك النسيم البحري . وعكسه نسيم البر ليلاً اي انه اذ يبرد هواء البر ليلاً يبرودة البر ويتلطف هواء البحر بجمارة البحر بداعي كونه يَبْقَى الحرارة مدة اطول من البر فياتي هوائه من جهة البر وهو ما يسمى بالنسيم البري ويقال له ايضاً نسيم الصبا . ومن حيث ان بعض الجزائر والشواطئ ذات الجبال تعكس جبالها كمية وافية من الحرارة لكونها تقابل الشمس يظهر فيها النسيم المذكور اكثر مما في غيرها . وهذا السبب نفسه هو علة دوام نسيم الاودية كما يشاهد عند رؤوسها اي ان الحرارة تنعكس بكمية وافرة من جانبي الوادي فتسبب حدوث نسيم دائم بموجب التعليل المذكور

٢٢٨ اما الرياح التجارية فهي الجاري الاعتيادية من الهواء

التي تهب في المنطقة الحارة وتجري من كلا القطبتين متجهة الى
نحو خط الاستواء لكي تلي مكان الهواء الذي يصعد على الدوام
بداعي الحرارة في المنطقة المذكورة وهي بداعي كون الارض كرة
تدور على محورها تاتي في شمالي المنطقة الحارة عن شمال خط
الاستواء من الشمال الشرقي وفي جنوبها من الجنوب الشرقي. لانه
لما كانت دوائر العرض بدوران الارض الى الشرق تتزايد سرعتها
بالاقتراب الى نحو خط الاستواء لتزايدها مع كون الدوران
مشترك فالرياح المنتقلة من عرض شمالي الى نحو خط الاستواء
اذ كان لها سرعة العرض الذي انتقلت منه تنجز اماكن اعظم
سرعة منها الى الشرق فتتحرف هي الى الغرب فتظهر في شمالي خط
الاستواء انها اتيه من الشمال الشرقي. ولما كانت هذه الرياح تتحرف
في كل نقطة الى نحو الغرب قليلاً فمهرها خط منحني ضرورة. وهكذا
يُعلل عن الرياح الجنوبية الشرقية التي يغلب وقوعها في جنوبي
المنطقة الحارة. وفي بعض الاماكن الرياح تهب من الاصقاع
الشمالية مدة ستة اشهر ثم من الجنوبية ستة اشهر اخرى وهكذا
بالتداول بحسب اجياز الشمس خط الاستواء ذهاباً وإياباً
وذلك كريح الموسم التي تحدث في جنوبي اسيا
ثم ان الهواء الذي يتصاعد من المنطقة الحارة يهب جاريًا

الى نحو القطبتين لاجل رد الموازنة . ولما كانت هذه المجاري
الراجعة لها سرعة خط الاستواء تكون حركتها الى الشرق اسرع
من خطوط العرض التي تمر بها فتميل الى الشرق وتصير ريحا
جنوبية غربية في نصف الكرة الشمالي وشمالية غربية في نصف
الكرة الجنوبي . والغيوم العليا تدل على جهات هذه المجاري
اما رياح المنطقتين المعتدلتين فمتغيرة كثيرا ولا ضابط
لها اذ كانت خاضعة لتأثيرات اشياء مختلفة غير قياسية كخطوط
المحور وسلاسل الجبال والغيوم التي تعجز احيانا دون جانب من
نور الشمس وهلم جرا . وانما في خطوط العرض العليا من هاتين
المنطقتين تظهر جليا المجاري العالية التي تاتي من نحو خط
الاستواء اذ تسبب غالبا ريحا غربية

٢٢٩ اما سرعة الرياح فما يجري منها ١٠ اقدام كل ثانية
يسمى نسبا . وما يجري بسرعة ١٦ قدما يسمى هبوبا . وبعضها يجري
بسرعة ٢٤ قدما كل ثانية فيسمى نافجة . وبعضها في ٢٥ قدما
فتسمى عاصفا . وبعضها في ٤٢ فتسمى زعزعا . وبعضها في ٥٤
فتسمى حاصبة . وبعضها في ٦٠ فتسمى زوبعة . وقد تمر الزوبعة احيانا
في الاقاليم الاستوائية في ٢٠ قدما كل ثانية . واذا لم تستوي الزوبعة
في هبوبها بل دارت وقلعت الاشجار او سفوف البيوت فهي

الهوجاء . اما مقاومة الهواء الساكن للرياح فتزيد بموجب زيادة مربع السرعة اي اذا كانت سرعة ريح مضاعف سرعة اخرى فمقاومة الاولى اربعة اضعاف مقاومة الثانية وقد مرّ تعليل ذلك في الكلام على مقاومة السائلات

٢٤٠ . قد قلنا فيما مر ان هواء الجلد ممزوج بكمية من البخار او الرطوبة . والان نقول ان تلك الرطوبة تزداد بتحويل مياه الارض الى بخار بجزارة الشمس وتساعد ذلك البخار مع الهواء الحار الذي يكون قد امتزج به . واعلم ان كمية الرطوبة التي يحملها الهواء تزداد بزيادة حرارة الهواء وذلك ليس على نسبة قياسية لان كمية الرطوبة تتضاعف بصعود الزئبق في الترمومتر ١٢° او ١٤° في الطقس الابرد وبصعوده ٢١° او ٢٢° في الاحر . ثم ان تبلل الهواء يتوقف ليس فقط على كمية الرطوبة بل ايضا على الطقس لانه في طقس حار يقتضي رطوبة اكثر جدّا مما في طقس بارد لجعل الهواء متبلاّلا على التساوي . فرطوبة الهواء في الصيف اوفر جدّا مما هي في الشتاء ولكنه لا يشعر بها صيفاً كما يشعر بها شتاء . ولهذا يشعر برطوبة الليل اعظم من النهار مع ان كمية البخار تكون متساوية في كليهما او اقل ليلاً وعلى هذه الرطوبة وفعل الحرارة والبرودة يتوقف حصول الندى والصقيع والضباب والغيوم

والامطار والبرد والثلج فلنتقدم الى التعليل عن كل بمفرده -
 ٢٤١ اما الندى فيحدث من مجاورة الهواء القريب من سطح
 الارض لسطوح اجسام ابرد منه فينضغط بالبرودة وينعصر منه
 لذلك جانب من الرطوبة التي تحول بالبرودة الى ماء بصورة نقط
 على السطوح المشار اليها. وذلك كما اذا ملأنا كباية ماء وعرضناها
 ليلاً لهواء الجلد فان الندى حينئذ يظهر على سطوحها الخارجة
 وذلك يرى ايضاً بنوع جلي على سطوح اوراق النبات والنخضر
 في ايام الصيف. والندى لا يقع وقوعاً ولكنه يتجمع من الهواء
 المجاور لسطح ابرد منه على السطح. ولما كان برد الاجسام علة الندى
 فالابرذ يظهر عليه بزيادة ولذا يظهر على النبات اكثرهما على
 الرمال. ولما كانت الاجسام تنزايد برودتها ليلاً بزيادة ابتعاد
 الشمس يزداد الندى حينئذ اذ يجاور اجساماً اعظم برودة
 ٢٤٢ اما الصقيع وهو المعروف عند العامة بالملآح فيعلل
 عنه كما يعلل عن الندى غير ان السطح البارد الذي يجاورة الهواء
 اذ تكون برودته تحت درجة الجايد المدلول عليها بالصفر في
 الترمومتر يظهر عليه الصقيع ولا يحدث صقيع الا اذا وجد ندى
 ٢٤٣ اما الضباب فيحصل من ملاقات كمية من الهواء حاملة
 بخار ماء لهواء آخر ابرد منه فالهواء السخن يكتسب البرودة

بالمجاورة فينضغط مع البخار المزوج به . وقد يتصاعد ذلك البخار من الارض وقد يكون موجوداً في الهواء . ففي صبح بارد ينفضه الحيوان ويصعد من النهر او البحر او الينابيع . وفي الصيف يرى ذلك واضحاً صباحاً فوق الانهر او البحر . وذلك لانه لما كانت الاجسام تختلف في اقبال الحرارة اي في سير الحرارة فيها كما سيأتي في باب الحرارة وكانت الارض موصلاً للحرارة احسن من الماء فسطح الارض اذ تسري عنه الحرارة اسرع مما عن الماء بعد غياب الشمس يكون ليلاً ابرد من ماء البحر قليلاً وبالنتيجة يكون الهواء المجاور للارض ابرد من هواء البحر فالبخار الذي يصعد من البحر او النهر ويلتقي بهواء البر الذي هو ابرد منه يتحول الى ضباب . وقد يظهر شيء يشبه بالاضباب بتنفس الحيوان في طقس بارد قرب الانف والفم . ثم ان الضباب يحدث في الاماكن الباردة اكثر كثيراً مما يحدث في الحارة التي لا يرى فيها الا نادراً

٢٤٤ اما الغيوم فتحصل بموجب المبدأ المذكور للضباب غير انها تكون اعلى وهي مولفة ايضاً من البخار الذي يتصاعد من المياه او الاماكن الرطبة الى علو بحيث تكون درجة برودته كافية لضغطه . او من البخار الذي كان في الهواء باخللاط مجرى من الرياح يخرج دائماً من مكان حار باخرا ابرد منه

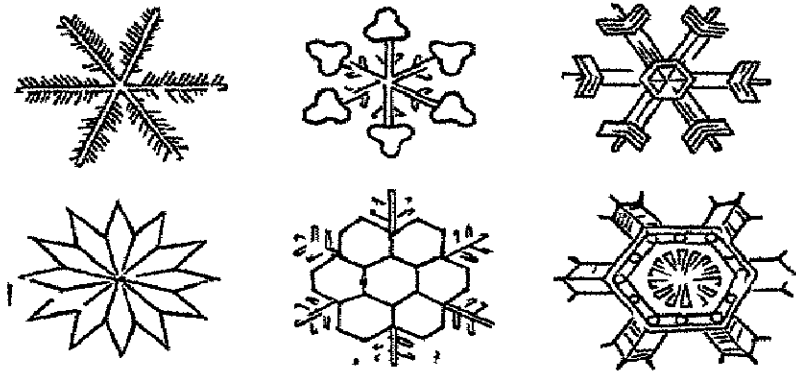
٢٤٥ اما المطر فيحدث من تبريد الهواء بغتة اذ يكون محنوياً كمية وافرة من بخار الماء وذلك يحصل من مجاورة هواء بارد هواء حار او غالباً من تلاقي رياح باردة وحارة فينضغط الحار الحامل الرطوبة او الغيوم الكثيفة انضغاطاً كافياً لوقوع المطر. وعلة تحريك هذه الرياح ازدهار القطبتين والمحور القادح عند المنطقة الحارة كما تقدم

٢٤٦ اما البرد فينتج متى التقى هواء بارد جداً بنقط المطر وجمدها. فبعد نزول نقط المطر من التقاء هواء بارد بهواء حار كما تقدم نتحول الى برد اذا التقت برج او هواء بارد جداً يجمدها. ويغلب حدوث البرد في جبال المنطقتين المعتدلتين لوقوعهما بين البارد والحار حيث يتيسر امتزاج الهواء البارد جداً بهواء الحامل نقط المطر. ولا يكثر في المنطقة الحارة لقلّة الهواء البارد ولا في المنحدرتين لقلّة الهواء الحار. وكذلك بعض الأماكن المعتدلة تتميز بهذا الاعتبار على البعض الاخر كجنوبي فرانس الواقعة بين فرنيس ذات السهول الحارة وجبال الالبه المكتسية بالثلوج الدائمة فانه يكثر نزول البرد فيها

اما الثلج فيحدث من امتزاج هواء بارد جداً باخر حار بغتة واذ تكون برودة الهواء البارد كافية لتحويل بخار الغيوم حالاً الى

مادة جامدة تبلورة فيسقط بصورة ذروان وهذه اشكال الذروان المتبلورة

شكل ١٢٧



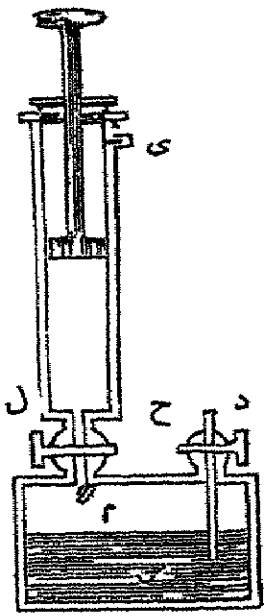
الفصل الرابع

في ضغط الهواء

٢٤٧ ان ارباب هذا الفن قد استعملوا ضغط الهواء لغايات جمعة مفيدة للصنائع والاعمال بواسطة آلات مختلفة نذكر البعض منها . من تلك الالات ما يقال له ضاغطة الهواء

وهذه الآلة اسطوانة مجوفة ومدك يدخل فيها . وللأسطوانة سدة او مصراع م يفتح الى خارجها كما يرى (شكل ١٢٧) . وقرب راس الاسطوانة عندي فوهة على جانبها تقع عند اسفل المدك عندما يسحب الى اعلى الاسطوانة والقصد بها دخول الهواء منها ليملأ الخلاء الذي احده رفع المدك . فبتنزيل المدك بقوة يساق الهواء امامه ويخرج من المصراع م اسفل الاسطوانة . فاذا كان

شكل ١٢٨



اسفلها مدخلا بقنينة او وعاء اخر ضابطاً بواسطة
برغ فلهواء الخارج من الاسطوانة المجهزة الى
الوعاء اذ يمنع رجوعه بالمصراع المذكور كما لا
يجنى واذا سحب المدك ثانياً الى فوق الفوهة ي
في الاسطوانة يتجم هواء اخر منها فيغتصب
بواسطة تنزير المدك ثانياً للدخول في الوعاء.
وهكذا يمكن ان يكرر العمل الى غير نهاية. وبعض
الاحيان يجعل مصراع في المدك نفسه عوض
الفوهة في فيستغنى عنها. واحياناً يفتح ثقبان عند
ح ولهما مصراعان يفتحان الى داخل الاسطوانة

لكي يدخل الهواء ولا يعود يخرج بواسطتهما. ثم بعد ضغط الهواء مقداراً كافياً
تفتح الحنفية د الواصلة الى اسفل الوعاء فيزرق الماء منها بسرعة شديدة من
ضغط الهواء على وجهه. فاذا وُضع صندوق مثل م مفتوح من اسفل في حوض
يمكن ان يفرغ كلة بهذه الآلة. ونوافير جزائر ايسلاند الشهيرة الطبيعية المعروفة
بالجسيرات التي يرقى بها الماء الساخن الى علو ٢٠٠ قدم مصحوبة بقطع من
صخور تجري على هذا المبدأ لان ضغط الهواء الفاعل على وجه الماء داخل
الارض يخرج هذه القوة وذلك الهواء الضاغط مما كان نوعه فهو ناتج عن
فعل البركان

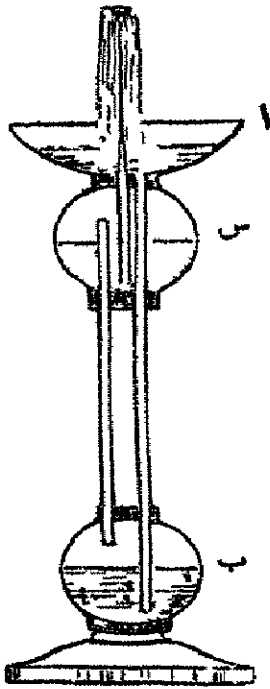
٢٤٨ وعلى هذا المبدأ ايضاً قد اصطنعت بارودة الهواء
التي يفعل فيها ضغط الهواء عوضاً عن البارود. فانه بواسطة
ضاغطة ينضغط الهواء في كرة معدنية مجوّفة فيها مصراع عند
فمها مسدود بواسطة برغي على البارودة تحت الديك فعند ما

يفقس الديك يسقط على مسمار يدفعه على المصراع فيفتح حالاً
ويخرج الهواء بسرعة قوية الى حديدة البارودة وبتدده السريع
يدفع الرصاصة دفعاً شبه بدفع البارود لها

٢٤٩ من الآلات النافعة ايضاً التي تتوقف على ضغط
الهواء ناقوس الغواصين وقد مر ذكره في البداية
ومنها نافورة هירו

وهي كما ترى في (شكل ١٢٨) فان عمود الماء من الوعاء ا يدخل الى
وعاء الهواء ب ويضغط الهواء فيه ومقدار ضغطه

شكل ١٢٩



بحسب علو اب ومن اعلى ب انبوبة او اثنتان
يوصلان انضغاط الهواء الى وعاء اخر هوائي س
الممتلئ الاقليل ماء وانه انبوبة تصعد من اسفله
الى الوعاء ا في راسها حنفية . فاذا كانت قوة
انضغاط الهواء في س تساويها في ب تصعد
نافورة علوها اذا لم يقفها شيء يساوي العمود
الضاغط اب

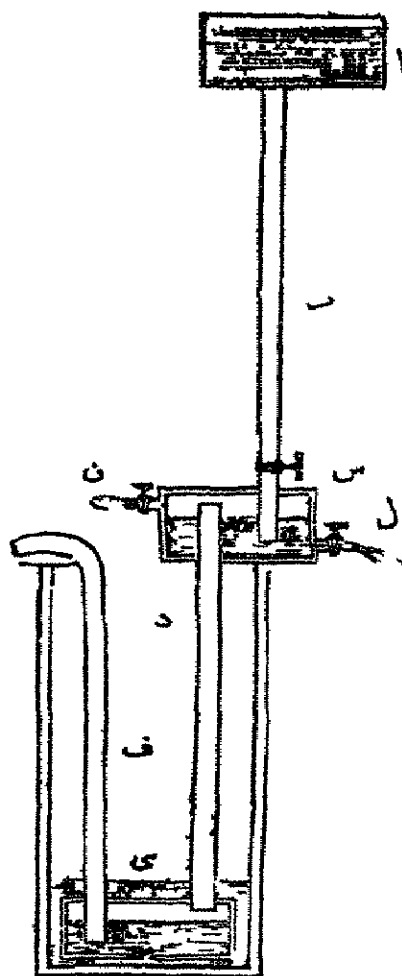
٢٥٠ والالة التي صُنعت على هذا

المبدأ لاجل اخراج الماء من معدن في
هنكارياسميت الالة الهنكارية

وهذه صورتها (شكل ١٢٩) . فانه يسهل في هذا الحال تنزيل مجرى
من الماء في انبوبة تنزل الى المعدن وتجعل ضغطاً قوئاً كافية ان ترفع الماء من

المعدن الى علو لازم ولن يكن ذلك العلو لا يصل الى راس حفرة المعدن لان ذلك قلما يلزم اذ يوصلون ماء الحفرة التي فيها الفعلة الى مكان يتفرغ فيه وقد يكفي لذلك مجرى صغير. وفي معدن هنكاريّا شكل ١٤٠

شکل ۱۴.



الماء المتقضي للضغط المطلوب علوه ٢٦٠
قدماً فوق وجه الماء في الحفرة. ومن الحوض
أحيث تجمع الماء في أعلى الحفرة يدخل الماء
الأنبوبة العمودية ب التي تنزل إلى قرب
قعر اناء الهواء س. وإذا يجري إليه الماء يضغط
الهواء أمامه الذي يبروته يفعل بقوة ضغط
عمود الماء ب. وهذه القوة مرسله في أنبوبة
الهواء د إلى وجه الماء الخنوي في الصندوق
ي المغطس في ماء المعدن الذي يدخل
إليه الماء بواسطة مصراع في أسفل يفتح إلى
فوق . وهذا الصندوق ووعاء الهواء س
مصنوعان قوين وضابطين حتى لا يدخل
الهواء . ومن قرب قعر الصندوق يخرج
أنبوبة عمودية ف تصل إلى علو التفريغ

فيمكن الان ادراك فعل الآلة بسهولة . فانه يقتضي ان يرفع الماء ستة وتسعين قدماً ويمكننا ان نستخدم عموداً من الماء علوه ما يتان وستون قدماً ولكن لا داعي لاستعمال كل هذه القوة لان عموداً من الماء بهذا الطول يقتضي انبوبة قوية جداً ولا سيما في الاجزاء السفلى منها . وعمود طوله مئة وستة وثلاثون قدماً يوجد بالحساب كافياً لرفع الماء في الحفرة الى العلو المطلوب ٦٩ قدماً ويجعله ان ينوفر بسرعة جسيمة الى مكان التفريغ . فعلى بعد مئة وستة وثلاثين قدماً من الحوض يدخل وعاء هوائي س تفعل فيه كل قوة العمود ب على

الهواء المتضمن فيه الذي ينضغط الى ان يلي حيزاً صغيراً في اعلى الوعاء فتزداد مرونته بنسبة ضغطه كما مر . وهذه القوة بواسطة الانبوبة د ترسل الى وجه الماء في الصندوق وتدفعه في الانبوبة ف الى فوق التي تفرغه في مكان التفريغ . وبالاختصار يتضح مبدأ الآلة الهنكارية بهذه العبارة

الماء يرتفع بضغط عمود ماء اعلى من العمود المطلوب رفعة وعلى سطح اعلى اذ كان الضغط يرسل من العمود الواحد الى الآخر بواسطة الهواء المنضغط

ولما كان الماء ضمن الحوض ي يرتفع ويجري في الانبوبة ف فالضغط على ي يمكن رفعة بفتح الحنفية ن وتسكير ل . ثم بفتح ل وتسكير ن يرجع الماء وهكذا تدوم العملية

والامر المعب في هذه الآلة الذي مة تظهر الحرارة واضحا بضغط الاجسام والبرودة بتمدد ها كما سيأتي هوائه عند ما يبطل التفريغ من الانبوبة ف اذا فُتحت حنفية الوعاء س فالماء والهواء يخرجان بسرعة شديدة ونقط الماء تحول الى برَد او قطع جليد . وهذا الامر يبين للمتفرجين الذين يضعون برانيطهم في طريق الهواء الخارج من الحنفية . والبرَد يخرج بسرعة شديدة فيثقب غالباً البرنيطات كالرصاص . وعند بداية ضغط الهواء تظهر في هذه الآلة حرارة قوية

٢٥١ ومنها الجسر الهيدروليكي كما ترى في (شكل ١٤٠)

شكل ١٤١



أجزاء الجوهريّة التي اصطُنعت لرفع الماء بواسطة ضغط الهواء
فإن فانبوبة طويلة متحدرة منحوية عند طرفها الأسفل مصراعاً م
ينفتح إلى أسفل . فعند ما ينصب الماء من ينبوع أو نهر عند سرعة تزداد
حتى يصير الزخم كافياً لرفع المصراع فيسد الأنبوبة . وإذا كان الماء لا ينضغط
فقوة كل العمود المتحركة تفعل بفتة وتفتح المصراع م فيقتحم الماء إلى وعاء الهواء
صاعداً في الأنبوبة ت . ولما يطل الزخم فالمصراع م ينزل بثقله ويخرج منه
المجرى ثم يتكرر العمل . والهواء المنضغط في الوعاء بعد انغلاق المصراع م
يساعد برفع الماء من الوعاء

الفصل الخامس

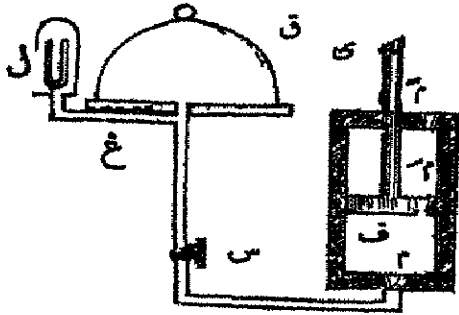
في تفريغ الهواء والآلة المفرغة

٢٥٢ أن ثقل هواء الجلد الوافر يجعله أن يضغط إلى كل
الجهات على الأجسام بقوة شديدة كما يظهر ذلك من كبسه على
وعاء فارغ منه كما سيأتي . ولأجل تفريغ الهواء من وعاء قد اصطُنعت
آلة تسمى الآلة المفرغة . وهي ذات هيئات مختلفة ولكن معناها
واحد

فلنوضح في (شكل ١٤١) الأجزاء الجوهريّة من المفرغة ونصف كيفية
تفريغ الهواء بواسطتها . ب برميل أسطواناني فيه يشغل المدك ف أي يصعد

ويتزل بواسطة القضيب ي وهذا المدك مُدْخَل في البرميل دخولا محكما

شكل ١٤٢



لكي لا يدخل الهواء عن جوانبه

والقضيب يرفع بواسطة مخل ومن

كعب البرميل انبوبة م س تصل الى

صفحة المفرغة الجالس عليها قابلة

من زجاج ق . ويتضي ان يكون

وجه الصفحة وحافة القابلة سطحيين

مستقيمين تماما لكي يلتصقا التصاقا محكما حتى يحجز الهواء عن الدخول .

وطرف الانبوبة المتصل بالبرميل مغطى بالمصراع م . وفي المدك ايضا

المصراع م . وفي بعض المفرغات مصراع ثالث م عند الراس . وجميعها تفتح

الى فوق اي من القابلة الى نحو الهواء الخارج فاذا رُفِع المدك يسد مصراعه

م بثقل الهواء فوقه وحينئذ يكون الهواء في الانبوبة والقابلة الذي كان منضغطا

بثقل الجلد يصير فراغا امامه في البرميل والقابلة تجز الهواء الخارج عنه بتمد

بمروته فيفتح المصراع م ويدخل الى الفراغ ولذلك نقل مرونة الهواء في القابلة

والانبوبة والبرميل وتكون واحدة في الثلاثة . ثم بتزيل المدك ينضغط الهواء

تحته فيطبق المصراع م وينفتح م بضغط الهواء لما لا يخفى وعلى هذا الاسلوب

يفرغ الهواء من قابلة الآلة لاجل اتمام بعض تجربات . ول مقياس الآلة

وهو متصل بها بواسطة الانبوبة غ والمقصود به معرفة كمية التفريغ وسياتي

الكلام عليه

٢٥٢ ان تفريغ الهواء في هذه الآلة يزداد على نسبة او سلسلة

هندسية . لنفرض سعة البرميل مثلاً تساوي تسع سعة القابلة مع

الانبوبة المتصلة من القابلة الى البرميل فحينما يرتفع المدك اولاً من

أسفل الى أعلى فالهواء الذي كان قبلاً مالئاً القابلة يتمدد
فيتفرق بالتساوي في القابلة والبرميل . فالبرميل حينئذٍ يحوي
على عشر كل الهواء المتضمن في القابلة والانبوبة ويبقى فيها تسعة
اعشار . ثم بتنزيل المدك الى أسفل يخرج هذا العشر من مصراع
المدك . ولما يرفع المدك فالهواء الباقي في القابلة الذي هو تسعة
اعشار الكمية الأصلية يتوزع بالتساوي في القابلة والبرميل
كما لسابق وبالنسبة يحوي البرميل $\frac{1}{10}$ من $\frac{1}{10} = \frac{1}{100}$ من الكمية
الأصلية ويبقى $\frac{1}{100}$ في القابلة وبالامتداد في هذا الحساب يكون
لنا الجدول الآتي

عدد الحسابات	الجزء من الهواء المخرج كل محبة	الجزء الباقي في القابلة	كل الكمية المخرجة
١	$\frac{1}{10}$	$\frac{9}{10}$	$\frac{1}{10}$
٢	$\frac{2}{100}$	$\frac{81}{100}$	$\frac{19}{100}$
٣	$\frac{81}{1000}$	$\frac{729}{1000}$	$\frac{219}{1000}$
٤	$\frac{729}{10000}$	$\frac{6561}{10000}$	$\frac{2539}{10000}$
٥	$\frac{6561}{100000}$	$\frac{59049}{100000}$	$\frac{29491}{100000}$
٦	$\frac{59049}{1000000}$	$\frac{531441}{1000000}$	$\frac{338009}{1000000}$
٧	$\frac{531441}{10000000}$	$\frac{4782969}{10000000}$	$\frac{3817031}{10000000}$

الأعداد في العمود الثاني تدل على معدل التفريغ وأنه لو اوضح انها
تتألف من سلسلة هندسية ضاربها المشترك $\frac{1}{10}$. كذلك الكميات

الباقية في القابلة بعد كل سحبة هي على سلسلة مثلها ضاربها المشترك
يساوي ضارب الاولى . فبعد سبع سحبات الكمية الباقية في
القابلة تصبح اقل من نصف الكمية الاصلية . ولو أخذ قابلة
صغرى لكان معدل التفريغ اسرع جداً . مثاله لو كانت سعة
القابلة مثل سعة البرميل لكانت السلسلة هكذا $\frac{1}{2} / \frac{1}{4} / \frac{1}{8} / \frac{1}{16} / \frac{1}{32} / \frac{1}{64}$
 $\frac{1}{128} / \frac{1}{256} / \frac{1}{512} / \frac{1}{1024}$ فيصير الهواء في القابلة اقل مما كان بالف
مرة ونيف بسحب المدك عشر مرات

٢٥٤ لما كانت هذه السلسلة لن تنتهي فمن الواضح انه لا
يمكن ان يصير فراغ تام بواسطة مفرغة الهواء . والذي يقطع الامل
من تمام الفراغ هو ان الهواء عند ما يصير في القابلة لطيفاً جداً
لا يبقى فيه مرونة كافية لترفع المصراع في قعر البرميل . واذا امكن
ازالة هذا المحذور باحكام صنعة المصراع فلا يمكن ان تصنع
مفاصل المصراع ضابطة ضبطاً تاماً حتى لا يدخل فيها شيء من
الهواء مطلقاً . ولما كان الزيت المستعمل لاجل تدهين الآلة
لتمشي بسهولة ياكل منها كثيراً على طول المدة فقد تصطنع براميل
بعض الآلات من زجاج و صفيحتها ومدكها من فولاذ غير انها
تكون ثينة

٢٥٥ ان القابلة على المفرغة عند ما يفرغ الهواء منها تضغط

على الصفيحة ضغطاً شديداً وذلك لعظم ثقل الهواء فوقها الذي يضغط من جهة واحدة ولا منفذ له الى الفراغ في الداخل . ولا يخفى انه اذا نفذ الهواء الى داخل القابلة فالضغط من داخل يساوي الذي من خارج فلا يظهر ثقل على القابلة ولا تلتصق بالصفيحة ولذا يجب ان تكون ضابطة عليها . ولذلك اذا وضعنا جلدة مستديرة مدهونة بشيء لزج على لوح خشب املس ورفعنا الجزء الاوسط منها بواسطة خيط مربوط فيها بدون ان يكون مدخل للهواء يلتصق دائرها باللوح لضغط الهواء عليه ولا يمر له الى داخل

وبهذه الوساطة يمشي بعض الناس على السقوف منقلين راسهم الى اسفل وارجلهم الى اعلى . فانهم يعلقون رجلهم بالمرس المربوط بالجلد الملتصق بالسقف بضغط الهواء عليه وعند ما يريدون نقل احدى رجلهم يفتحون باباً للهواء من عند حرف الجلد وينقلونها الى ابعد اذ يبقون معلقين بالآخرى فيلصقونها ويتعلقون بها ثم ينقلون الاخرى على هذا الاسلوب وهكذا يتنقلون في فسحة طويلة

٢٥٦ اذا مصَّ انسانُ هواءاً داخل قنينة فانها تلتصق بفمه لهذا السبب عينه ويحسب . اذ ذاك انه في الانسان قد خلق

الله آلة مفرغة نظير التي شرحنا عنها . لان صدره كبرميل حينما يوسعه يتمدد الهواء فيه وفي القنينة التي يضعها على فيه المشبهة قابلة . ثم حينما يُضَيِّقُهُ يخرج الهواء بطريق انفه وتكرار هذا العمل كتكرار سحبات المفرغة . ومثل ذلك عمل الحجام لانه بتسخين الهواء في المحجمة بواسطة اشعال شيء فيها وطبقها حينئذٍ على جسم الانسان يتمدد الهواء فيها بالحرارة ثم ينضغط بعد تبريده في المحجمة فتقل كميته ويتمدد باردًا واذا لا مدخل للهواء الخارج يكبس عليها ويرفع الجلد تحتها ويجذب الدم من الاماكن المجاورة اليها وبعد ذلك يحجمة الحجام . ومثل ذلك اذا ملأنا قنينة بخارًا ثم سدناها سداً ضابطاً فانه يظهر ضغط الهواء عليها بدفع سدتها الى داخل وقس على ما ذكرناه ما لم نذكره من الامثلة التي لا داعي للتطويل بتفصيل كل منها لمشايتها

يظهر من هذه الآلة ان للهواء ضغطاً قوياً على كل الاجسام ومقدار ذلك كما تقرّر ١٥ ليبرة على كل عقدة مربعة . فالضغط على الجسم الانساني المتوسط يساوي نحو ٥٠ قنطاراً ونصف كما مر . ولكن لكون الهواء سائلاً ويضغط من كل الجهات لا يظهر ضغطه على شيء ممثلي ما وصلد فلا يتعب الانسان ولكن عند ما يحصل فراغ يظهر الضغط . ودليله انه اذا اخرج الانسان الهواء

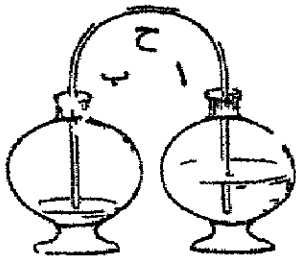
من صدره ثم سدّ أنفه وفمه فلا يعود يستطيع ان يوسع صدره لضغط الهواء. وبداعي هذا الضغط نفسه يدخل الهواء الى كل السائلات ويملي مسام كل الاجسام الصلدة الا الاجسام الشديدة الكثافة كالذهب والبلاتين

ثم ان ضغط الهواء المذكور ينقص ميل السائلات للتحوّل الى حالة البخار. فيزيد درجة غليانها. فالماء السخن الذي درجة حرارته تحت حرارة الدم وهي ادنى كثيراً من درجة الغليان يغلي تحت قابلة من مفرغة الهواء او في فراغ حاصل بطريقة اخرى. ولولا ضغط الجلد لاقتضى فقط حرارة ٧٢ عوضاً عن ٢١٢° لغليانه. وعلى ذلك تنقص درجة الغليان في الجبال العالية عنها في السهول التي هي على مساواة سطح البحر. ولذلك السوائل السريعة الميل للتحوّل الى بخار قلما توجد في الطبيعة في حالة السيولة كالكحول والايثير

٢٥٧ ثم انه من هذه الآلة تظهر مرونة الهواء لان اصغر جزء منه يمكن ان يمدد الى حد لا يدرك بازالة الضغط الخارجي عنه. ومن الجهة الاخرى قد ضغط اهل هذا الفن الهواء بواسطة الكبس حتى صارت كثافته اعظم من كثافة الماء مع كونه لا يزال في حالة المرونة غير منظور. فالهواء بداعي مرونته يتحرك بادنى

سبب يبطل موازنته سواء كان بالتكثيف ام بالتلطيف . وقد

شکل ١٤٣



عُملت تجربة تظهر حركة الهواء جلياً

بالتلطيف وهي هذه . لتكن ا و ب

كاسين كرويتين مسدودتين بعنقي

نحاس عند ا و ب . واح ب انبوبة

نحاس يدخل طرفاها في عنقي الكاسين دخولاً محكماً الى قرب

قعري الكاسين . وعند ب ثقبه تتصل الى داخل الكاس ب .

ولنفرض املانة الى نحو نصفها ماء و ب فارغة من الماء فيكون

الهواء الذي فوق الماء في ا محصوراً من كل الجهات . فاذا وضعت

هذه الآلة داخل قابلة المفرغة وسحب الهواء من القابلة يمتد

الهواء او يفرغ من داخل الكاس ب ومن الانبوبة لاتصالها بالثقبه

عند ب . واذ يكون الهواء في ا يحجز الماء بينه وبين الهواء المتهدد

او الفراغ في ب يدفع الماء الى ب حيث المقاومة امامه قليلة جداً

او معدومة فينقل الماء الى ب لكي تصير المرونة متساوية في

الكاسين . ولا يخفى انه اذا رُفعت القابلة ورجعت مرونة الهواء

في ب كما كانت يرجع الماء من ب الى ا

ثم يظهر ايضاً ان الهواء ضروري للاشتعال لانه اذا فرغنا

الهواء من قابلة ضمنها مصباح او نار تنطفئ . وضروري ايضاً

لتنفس الحيوان لأنه إذا وضعنا حيواناً داخل قابلة وأخرجنا منها الهواء فإنه يموت . والهواء هو الموصل الأعظم للصوت لأنه إذا وضع جرس داخل قابلة الآلة المفرغة وأفرغنا منها الهواء وقرعناه فلا يكاد يسمع صوته كما سيأتي في السمعيّات . ويمكن أن يبين أيضاً بواسطة المفرغة أن ثقل الأجسام الحقيقي ينقص بواسطة كونها ضمن هذا الشيال كما أن الأجسام الثقيلة تخف بغمسها في الماء كما عللنا عن ذلك في الثقل النوعي وفي السائلات . وأن الأجسام الخفيفة تعوم فيه لعلّة كون ثقلها النوعي أعظم وأن الأجسام ذات الكثافات المختلفة كالريش والذهب وغير ذلك تستط في فراغ إلى نحو الأرض بسرعة متساوية

٢٥٨ مما مر يمكن التلميذ أن يفهم مقياس المفرغة ل بسهولة (شكل ١٤١) . فإنها قابلة من زجاج متصلة بانبوبة الآلة بواسطة الانبوبة غ. من ضمنها انبوبة زجاج منحنية ذراعها الأيسر مسدود ملآن زيتاً واليمين فارغ مفتوح . فلكون هذا المقياس متصلاً بانبوبة الآلة يفرغ الهواء منه عند ما يفرغ منها وحيث أن يقل ضغط الهواء عن أسفل الزيت لكونه يمتد في الذراع اليمنى فينزل الزيت في الذراع اليسرى ويرتفع في اليمنى . وكلما قرب الفراغ إلى التمام يقرب إلى أن يكون عمودا الزيت في الذراعين

على علو واحد حيث يتوازنان وبالعكس فبذلك يعرف الفراغ
النام أو القريب منه ولهذا سميت هذه القابلة والانبوبة من الزجاج
التي ضمنها بمقياس الآلة

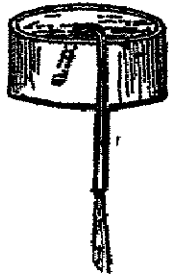
تنبيه . انه بداعي امكان حصول فراغ اما بواسطة تفريغ الهواء او
بتكاثف البخار بتبريده محصوراً في وعاء ولكون الهواء والبخار تظهر قوة ضغطه
على شيء امامه فراغ صار هذان السائلان المرنان علة لتشغيل وتحريك
الات مختلفة . وكثير من الآلات الانفع تتوقف على مبادي السوائل غير
المرنة والمرنة معاً فلذلك اعرضنا عن ذكرها الى الان . والان لتقدم للبحث
عن الآلات الهوائية وسنذكر ان شاء الله الآلة البخارية في باب الحرارة

الفصل السادس

في الآلات الهوائية

٢٥٩ المص. اذا ملئت انبوبة منعكفة ذات ذراعين احدها
طويلة والاخرى قصيرة من سائل وغُمِسَتْ فوهة الذراع القصرى
في الماء فالسائل يجري في الذراع الطولى حتى يتفرغ ماء الوعاء الى
فوهة القصرى فانبوبة كذه يقال لها مص . ويمكن ان تملأ بالسائل

أما بغمس ذراعها القصرى فيه ومص الطولى باللفم أو بسكبّه فيها
وبقاء طرفيها مسدودين الى أن تغمس الذراع القصرى في
السائل فيتفرغ السائل في الذراع الطولى . شكل ١٤٢



وتعليل المصص هو كما سيأتي

المجلد بضغط بالتساوي على فوهتي ذراعي الانبوبة

(شكل ١٤٣) ولكن هذا الضغط على فوهة الذراع

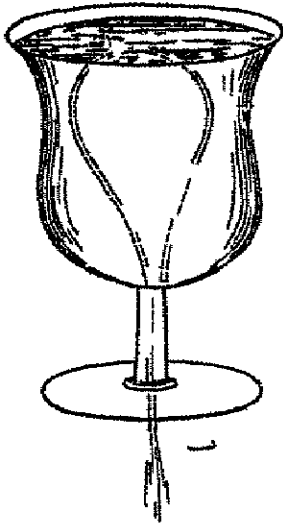
الطولى يقل بزيادة عمود الماء فيها عن عمود القصرى

فيبقى الضغط على العمود الأطول أقل مما هو على الأقصر فيجري السائل
في تلك الجهة التي فيها تكون المقاومة أقل . وإذا مجري الماء من فوهة ذراع
الممص الطولى لا يحصل فراغ فيه لأن ضغط المجلد على الماء في الوعاء إذا لا
يقاومه الفراغ يدفعه أمامه في الممص ما يتفرغ من الفوهة وذلك بسبب دوام
جريانه حتى يهبط الى سطح فوهة الممص الداخلة

فلو كان علو الذراع القصرى أربعة وثلاثين قدماً من الماء لوازن كل
ضغط المجلد على وجه السائل فلا تبقى قوة لدفع الماء في الانبوبة . فالممص
إذا لا يمكن أن يرفع الماء الى علو أعلى من ٣٤ قدماً ولا الزينى أعلى من نحو
ثلاثين عقدة . وأنه لو اُضح أيضاً أن المخرج أي فوهة الذراع الطولى يجب أن
تكون أوطى من وجه الماء في الخوض لكي تمتص كل ما فيه من السائل فهذه
الآلة لا يمكن أن تستعمل لرفع السوائل بل لتنزيلها ونقلها من وعاء الى
وعاء . وتستعمل هذه الآلة بالاختصاص عند بائعي السكرات بنقلها من برميل
أو دن الى آخر . وقد تستعمل أيضاً أحياناً لنقل الماء من بئر في أرض مرتفعة
الى مكان أوطى أو لحمله فوق نلة الى سطح أوطى على الجانب الآخر

٢٦. من الآلات الظرفية التي تظهر عمل الممص كاس مصنوع

شكل ١٤٤

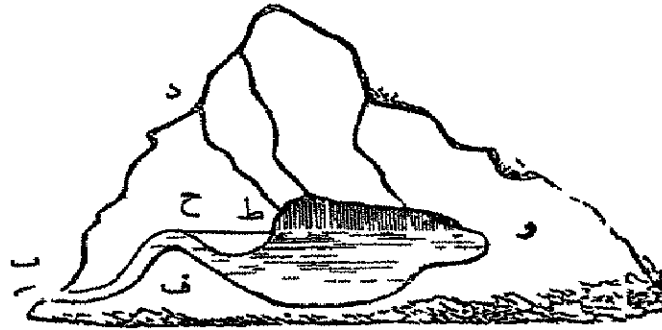


ضئته ممص كما في (شكل ١٤٤) . فان
الذراع الطولى من المص نافذة من قعر الكاس
مثبتة فيه كما ترى وفوهة الذراع القصرى
واصلة الى قرب قعره . فاذا صب ماء في
الكاس الى منحنى المص يصعد في الذراع
القصرى الى هناك ثم بدوام صبه ينسكب من
فوهة الذراع الطولى ب . وبضغط الهواء الدائم
على وجه الماء في الكاس يدوم جريان الماء في
المص الى ان يفرغ

٢٦١ ان الينابيع التي تجري ثم ينشف ماء مجراها في اوقات
متوالية تجري على مبدأ المص

وللتعليل عن ذلك لنفرض ا ب في (شكل ١٤٥) جبلاً وف و حوضاً

شكل ١٤٥

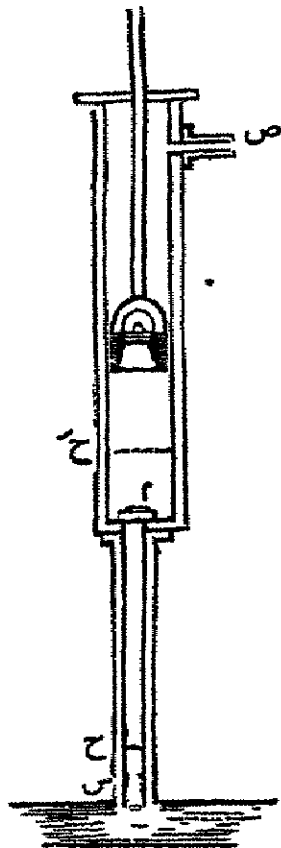


نحلب فيه المياه من عدة اماكن في جهات مختلفة مثل التي عند د وله مصرف
على هيئة ممص مثل ف ح ب فواضح من السائلات ان الماء لا يتفرغ حتى
يصل الى سطح في الحوض على مساواة انحناء المصرف مثل سطح و ط ح
وحيث لا يأخذ بالجريان ويدوم جارياً الى ان يهبط الماء الى السطح المساوي
ف بداية المص وبعد ذلك لا يتفرغ أكثر حتى يجمع الماء في الحوض الى ان

يصل الى السطح الاعلى كما تقدم وهكذا يتفرغ ثم ينشف على التوالي
 ٢٦٢ طلبها السحب الاعتيادية . ان هذه الآلة مؤلفة من
 اسطوانتين فارغتين وموضوعة احدهما تحت الاخرى وبينهما
 مصراع يفتح الى فوق فالاسطوانة السفلى المغموس طرفها الاسفل
 في الماء تسمى انبوبة المص . وفي الاسطوانة العليا مدك يتحرك الى
 فوق والى تحت من القعر الى فوهة على جانب الاسطوانة قريبة
 من رأسها وهذه الاسطوانة ما نسميها بانبوبة التفريغ

لنفرض ان المدك في بداية الثقل عند قعر انبوبة التفريغ ملتصق

شك ١٤٦



بالمصراع م . فعند رفعه اذ يصير خلاء ولا
 شيء يصد تمدد الهواء مرونته يرتفع الى فوق في
 انبوبة المص ويرفع المصراع ويتمدد حتى يملأ
 فسيحة الخلاء ولولا ذلك لبقى تحت انبوبة
 التفريغ . وبهذه الوساطة يتلطف الهواء في انبوبة
 المص فوالحالة هذه لا يعود يستطيع ان يقاوم
 ضغط الجلد على سطح الير فيغلبه ضغط الجلد
 ويدفع الماء في الانبوبة ويرفعه الى ان يضغط
 الهواء داخلا وتصير مرونته كافية لان تقاوم
 ضغط الهواء خارجها . فتكون مرونة الداخل
 حينئذ مثل مرونة الخارج . وحينما ينزل المدك
 يمتنع الهواء تحته من الرجوع الى انبوبة المص
 بواسطة المصراع م الذي يطبق على فوهتها العليا

غير انه يهرب في مصراع في المدك نفسه مفتوح الى فوق على نفس الاسلوب في مفرغة الهواء . واذ يرفع المدك ثمانية يصعد عمود الماء الى اعلى بالسبب الذي ذكر وهكذا حتى يخرج في المصراع الى انبوبة التفريغ . ثم لما ينزل المدك يفتح الماء مصراعه ويصعد الى فوق ومن ثم الى سطح الفوهة حيث يتفرغ . فيكون ملخص مبدا طلبها السحب ان الماء يرتفع الى انبوبة التفريغ بضغط الجلد ومن ثم يرتفع الى سطح الفوهة بواسطة المدك

تنبيه . لما كان عمود من الماء علوه اربعة وثلاثون قدماً في انبوبة المص يوازن كل ضغط الجلد على سطح يير لا تبقى قوة تدفع العمود اعلى من ذلك ولذلك يقتضي ان يكون علو المصراع عند راس انبوبة المص اقل من اربعة وثلاثين قدماً فوق البير

٢٦٢ لتقدم الآن الى البحث عن القوة المطلوبة في كل سحبة لرفع المدك غير ملتفتين الى ثقل المدك والقضبان وفعل الفك . ليكن المدك عند م (شكل ١٤٤) و سطح الماء في انبوبة المص عند ح وليكن ع عدد الاقدام في س ح . فتكون قوة مرونة الهواء حينئذ في ب ح ضاغطة على كل عقدة مربعة بمقدار ثقل عمود من الماء قاعدته عقدة مربعة وعلوه محسوباً اقداًماً ٣٤ - ع لان ع تضغط ضد عمود الهواء خارج انبوبة المص الذي يساوي ٣٤ قدماً من الماء . ففي صعود المدك اذا كل عقدة مربعة من قاعدته تضغط الى اعلى بهذه القوة . ولكنه من الجهة الاخرى مضغوطاً الى تحت بكل قوة الجلد التي تساوي ثقل عمود من الماء له نفس هذه القاعدة وعلوه اربعة وثلاثون قدماً . فالقوة التي تقاوم صعود المدك اذا لكل عقدة مربعة هي ثقل عمود من الماء قاعدته عقدة مربعة وعلوه الفرق بين اربعة وثلاثين قدماً و ٣٤ - ع قدماً اي ان القوة الفاعلة هي ع قدماً . فيظهر من ذلك انه يقتضي قوة لرفع المدك متساوية تماماً لثقل عمود من الماء قاعدته تساوي قاعدة المدك وعلوه

مثل علو الماء في انبوبة المص فوق سطح الماء في البير . فينتج انه كلما صعد الماء في انبوبة المص تزداد بنسبة ذلك القوة المطلوبة لرفع المدك ثم نلتنفت الى القوة المطلوبة لرفع المدك في الجزء الثاني من العملية اعني حينما يكون الماء المرفوع قد اجناز مصراع المدك . ليكن المدك عند م (شكل ١٤٦) و سطح الماء عند ح فالضغط الى اسفل على المدك هو بدون شك والحالة هذه ثقل الماء المستقر عليه وهو ب ح مع ثقل الجلد . لكن ع عدة الاقدام في العلو ب ح فتكون $٢٤ + ع$ تدل على عدد الاقدام في عمود من ماء قاعدته تساوي قاعدة المدك وثقله مساو لكل الضغط الى اسفل على المدك

ثم من جهة الاخرى الضغط الى اعلى يحصل بثقل الجلد الضاغط على الماء في الخوض المرسل في عمود س ب الى السطح الاسفل من المدك . ولكن اذ كان هذا الضغط لا بد ان يحمل العمود ب س يجب ان نطرح منه ثقل هذا العمود لكي نحصل على الضغط الفاعل الى فوق على المدك . فمن عمود ماء علوه ٢٤ قدما وقاعدته تساوي قاعدة المدك اطرح الكمية من الاقدام ب س فيحصل لنا عمود ثقله يساوي الضغط الى اعلى . والفرق بين الضغط الى اسفل والضغط الى اعلى هو القوة اللازمة لرفع المدك

الضغط الى اسفل - $٢٤ + ع$

الباقي . اعلى - $٢٤ - ب س$

الباقي $ع + ب س$

ولكن $ع + ب س - ح ب + ب س - ح س$

فيظهر من ذلك ان القوة اللازمة لرفع المدك سواء كان الماء في انبوبة المص ام ارتفع الى انبوبة التفريغ هي ثقل عمود من الماء علوه مثل علو العمود فوق سطح الماء في البير وقاعدته تساوي قاعدة المدك . فهذه القوة

أذا من بداية العملية يقتضي ان تزداد على الدوام حتى يرفع سطح الماء الى الفوهة المفرغة ومن ثم يبقى يتفرغ دائماً

من الملاحظات المذكورة يتضح انه يلزم لرفع الماء بواسطة ضغط الجلد نفس القوة اللازمة لرفعه بدونه فلا ربح من ضغط الجلد . غير ان هذه الطريقة لرفعه من يبرهي غالباً انسب من رفعه بدلو مع ان القوة التي يقتضيها الرفع هي واحدة على كلا الحالين

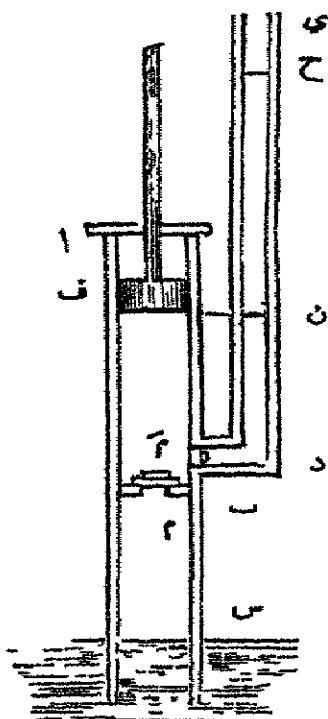
لكي نحسب القوة الحقيقية اللازمة لتشغيل طلمبا بدون التفات الى قضبانها . نفرض علو فوهة مفرغة من فوق سطح الماء في بير من جنس الاقدام ولنفرض عدة تلك الاقدام ع . وليكن قطر المدك الذي هو اجزاء من قدم ق . فقاعدة المدك التي يدل عليها بكسر من قدم مربع يكون $ق^2 \times ٧٨٥٤$ وان ضرب هذا الحاصل في عدد الاقدام للعلو يكون لنا عدة الاقدام المكعبة من الماء الذي يقتضي ان يرفع في كل سحبة الذي يساوي $ق^2 \times ٧٨٥٤ \times ع$. وانما قدم مكعب من الماء وزنه نحو $٦٣ \frac{1}{2}$ ليبرة فاذا $ق^2 \times ٧٨٥٤ \times ع \times ٦٣ \frac{1}{2}$ - عدد الليبرات اللازمة عند كل سحبة لرفع المدك

ان عمود الماء المفرغ في كل سحبة يساوي عموداً من الماء قاعدته قطع المدك وطوله طول السحبة . فتوجد الكمية من الاقدام المكعبة بضرب $ق^2 \times ٧٨٥٤$ في عدة الاقدام لطول السحبة ويعلم ثقل الماء المفرغ من الليبرات بضرب هذا الحاصل في $٦٣ \frac{1}{2}$

١٦٤ طلمبا الكبس . هي كما في (شكل ١٤٧) اسطوانة ا ب س موضوع طرفها الاسفل س في حوض . لها مصراع عند م يفتح الى فوق ومدك مصمت بدون مصراع داخل في البرميل الاعلى ا ب دخولاً محكماً يلعب

فيه . وهذا البرميل متصل بانبوبة التفريغ دي بينهما مصراع م ينفتح الى فوق والى خارج . وهذه الانبوبة دي يمكن

شكل ١٤٧



مدها الى اي علو يلزم لرفع الماء . لنفرض ان المدك ملاصق المصراع م وان الماء في البرميل الاسفل سطحه عند س على مساواة سطح ماء البير . فعند رفع المدك الهواء في ب س يتلطف والماء يرتفع في ب س كما يرتفع في طلبها السحب بالتمام . ثم يكبس المدك ايضا ينضغط الهواء في ف م فيشد على المصراع م ويفتحه وينفذ منه . فترى ان العملية هنا تجري مجرى طلبها السحب الى ان يصعد الماء في م الى البرميل الاعلى اذ يكون المصراع م مكان

مصراع المدك في تلك الآلة . فلنفرض ان الماء ارتفع في م وان الفسحة ف م ممتلئة منه . فعند كبس المدك اذ لم يكن فرصة لهذا الماء ان يرجع في م يندفع في م و يصعد في الانبوبة دي . وبمداومة العملية يجمع الماء في الانبوبة دي حتى يصل الى العلو اللازم ويتفرغ . ولايضاح مبدا هذه الآلة بكلام وجيز نقول انه في طلبها الكبس لا مصراع للمدك ولكنه اذ كان الماء يرتفع في انبوبة المص كما في طلبها السحب يكبس عليه حينئذ ينزير المدك فيصعد في انبوبة التفريغ في مصراع عند اسفلها

٢٦٥ ان القوة التي يقتضيها رفع المدك في هذه الطلبها الى ان يصل الماء الى اعلاها يجري حسابها على اسلوب طلبها السحب بموجب البرهان نفسه . وهي اذا اسقطنا ثقل المدك وقضيه وفعل الفك تساوي ثقل عمود من الماء قاعدته قاعدة المدك وعلوه بعد سطح الماء في البرميل اس عن سطحه في البير .

وإنه لو اضع أيضاً ما قيل في طلبها السحب ان المصراع م يقتضي ان يكون علوه
اقل من اربعة وثلاثين قدماً فوق سطح الماء في البئر، فان كانت ث تدل
على ثقل المدك وقضيبه من الليبرات وق قطر قاعدة المدك الذي يدل على
اجزاء من قدم وع عدد الاقدام في اس فالقوة اللازمة لرفع المدك تكون
ع X^2 ق ٧٨٥٤×٦٢٢٥ + ث من الليبرات

٢٦٦ والان لنبحث عن القوة اللازمة لكبس المدك . ليكن ج وجه الماء
في د فالضغط الجأدي على ح يوازئ الضغط على المدك من فوق بمقتضى
قانون ارسال الضغط في السائلات . فلنغض النظر اذا عن هذه القوة .
وايضاً الجزء ف م يوازن الجزء ن د من العمود الصاعد فلانثقت اليها .
فيظهر ان كبس ماء ف م على السطح الاسفل من المدك يساوي ثقل عمود
من الماء قاعدته تساوي قاعدة المدك وعلوه ح ن . فهذه القوة هي التي يقتضي
ان تغلب في تنزيل المدك و ثقل المدك ف وقضيبه يساعدان في ذلك وليكن
هذا الثقل ث . لتكن ع عدد الاقدام في ح ن فالقوة الميكانيكية اللازمة لكبس
المدك يعبر عنها من الليبرات بهذه العبارة

$$ع \times ق \times ٧٨٩٤ \times ٦٢٢٥ - ث$$

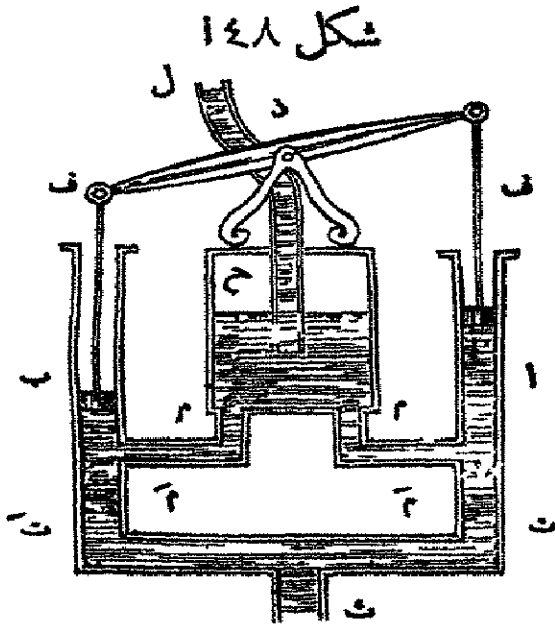
٢٦٧ من هذه الملاحظات يظهر ان ثقل المدك وقضيبه يعين قوة
الكبس الآلة ولكنه يضاد قوة السحب فبفعولا الثقل بالنظر الى هاتين
القوتين يخالف احدهما الآخر

ان كل القوة المستعملة لرفع الماء توجد باضافة القوة اللازمة لرفع المدك
الى اللازمة لكبس . ولما كان والحالة هذه ثقل المدك وقضيبه يزيد الواحدة
كما ينقص الاخرى فكل القوة تكون ثقل عمود من الماء قاعدته قاعدة المدك
وعلوه ف س + ح ن اي علو سطح الماء في الأنبوبة العليا فوق سطح الماء في
البئر وذلك يساوي من الليبرات (ع + ع) $X ٧٨٥٤ \times ق ٦٢٢٥$

فيظهر من ذلك انه اذا اتفقت ظروف طلبها الكبس وطلبها السحب
فلهذه مزية على تلك بانه لا فعل لثقل المدك وقضييه لما مر . واذا كان الماء
الذي يراد سحبه اعلى من ٢٤ قدماً او نحوه اذراعاً كما ببعض الابار البواين
فلا تصلح له الا طلبها السحب لما مر

٢٦٨ انه في طلبات الكبس اذا كانت القوة تفعل دفعات
منقطعة يخرج الماء زرقات ما لم يعمل تديراً لدوام جريانه على
التساوي . وذلك قد اصطنع بواسطة وعاء هوائي ينضغط فيه
جزء من الهواء فيكون واسطة لدوام الجريان . فان قوة المدك
في سحبات متوالية تصل الى هذا الهواء المنحصر وهو بمرونته يفعل
على سطح الماء في وعاء الهواء ويدفعه الى خارج بواسطة انبوبة
او فوهة

وذلك يظهر من آلة النار كما يرى في (شكل ١٤٨) فانها مركبة من



طلبين للكبس برميان الماء الى
وعاء فيه هواء الذي منه ينشعب
من الفوهة بعزم مرونة الهواء
المنضغط . مثالة اوب طلبيان
مدكاهما ف ف يشغلان بعضاً
داركما عند د وم م هما مصراعان
ينفتحان الى فوق من انبوبة المصير
المتصلة بمحور و ت ت انابيب
تصل بالوعاء الهوائي ح بواسطة

المصراعين م م . وتدخل الأنبوبة ل في راس هذا الوعاء وهي تتصل بانبوبة
من جلد يندفع فيها الماء بكبس الهواء المحصور في ح الذي بسبب مرونته يفعل
بالتساوي تقريباً على سطح الماء ويدفعه في الفوهة ل بجرى دائم . وسميت هذه
الآلة بالة النار لأنها تستعمل لاطفاء النار عند حدوث الحريق اذ كانت
تدفع الماء بكمية وافرة الى علو كافٍ



الباب السادس

في السمعيات وفيه مقدمة وخمسة فصول
المقدمة

في تحديد السمعيات وفي الصوت وتولده

٢٦٩ السمعيات فن من الفلسفة يبحث فيه عن طبيعة
ونواميس الصوت. وموضوعه تولد الاصوات وانتقالها في موصلات
مختلفة وانعكاسها عن سطوح ومبادي الموسيقى الفلسفية
الصوت. هو ارتجاج في الاجسام ينقله الى الاذن ثم ينجب ينشأ
عن ذلك الارتجاج في مادة اخرى كالهواء توصل بين الجسم
وبينها فيشعر به السمع. وتلك المادة التي تنقل الاصوات الى
السمع يقال لها موصل. وغالباً يكون الهواء موصلاً للصوت وهو
من المواد الانسب للسمع لكونه من الطيف فلا يضر بالاذن ومن
اسهلها واسرعها حركة لاجتماع صفتي المرونة والسيولة فيه. وقد
تكون مادة غير الهواء موصلة للصوت كالماء وغيره كما سيأتي

٢٧٠ تولّد الصوت . انهم قد تحقّقوا من ملاحظات مدققة ان اهتزازات الجسم المصوت والموصل المحيط به ضرورية للسمع لان المادة المهتزة تفعل على الهواء فتحرّكه وتنبعث حرّكته بالتموج الى عضو السمع . فقد يشعر بحركة الهواء الناشئة عن اهتزازات الجسم في صوت طويل كصوت الجرس او صوت وتر قوس . فاذا قرع جرس ثم ثبت بحيث يستقر لسانه على حافته تُسمع الاهتزازات جلياً ووتار الاقواس يرى واضحاً ارتجافها بعد الضرب عليها وحركات الجرس الى امام والى خلف تبقى منظورة ما دام الصوت المرسل منه مسهوعاً . واذا وضع جرس في قابلة مفرغة الهواء واخرج الهواء من القابلة فاذا دق يسمع له صوت خفي عند بقاء قليل من الهواء في القابلة ويتلاشى عند حصول الفراغ التام . واذا لم تفرع على جسم او تضرب عليه فلا يمكن ان يحصل حركة

الفصل الاول

في انتقال الاصوات

٢٧١ قد اشرنا فيما مر انه يلزم لاجل ايبال الصوت الى الاذن موصل كالهواء لكي يبعث ارتجاف الجسم المصوت اليها

وان الموصل الغالب هو الهواء . فنقول الان ان اهتزاز الجسم بمصادمته للهواء المحيط به يحدث تموجاً فيه الى كل الجهات وذلك التموج يمتد في سيره وبصير اضعف فاضعف حتى يبطل كموج السائلات اذا رمينا فيها حجراً كما اشرنا سابقاً . ودليل امتدادو الى كل الجهات ان الصوت الناشئ عن ارتجاج الجسم يسمع الى كل جهة . ودليل انتهاء التموج ان الصوت يصل الى بعد معلوم فينقطع ولا يتجاوزهُ الى ابعد

٢٧٢ ثم ان كثافة الصوت تتناقص بتناقص كثافة الهواء ولهذا تسمع الاصوات ضعيفة على الجبال العالية بداعي لطافة الهواء هناك . وقد ذكر بعض الذين سعدوا في البلون الى نحو ٧٠٠٠ متر اي نحو ١٠٠٠٠ ذراع انه كان صوته لا يكاد يسمع هناك . وبالعكس تتعالى الاصوات كازدياد الكثافة فان نافوس الغواصين المغطس في الماء تنادي الاذن من سمع الوسوسة فيه لزيادة كثافة الهواء بضغط الماء عليه

٢٧٣ اما سرعة سير الصوت فقد عُرِف من امتحانات شتى مدقة ان معدل سيره ١٠٨٩٢٤٢ قدماً في الثانية عند ٢٢° ف اي عند درجة الجليد . واذا كان الهواء احر تكون حركته اسرع وبالعكس اذا كان بارداً بمقدار ١٤٠٢١ قدم لكل درجة في الثانية

فاذا في الطقس الذي يكون 62° فيجري $1124,19$ قدم
 في الثانية او 1120 تقريباً. ولكون النور اسرع في سيره من
 الصوت بما لا يوصف يظهر لمعان برق مدفع أطلق عن بعد
 قبل سماع صوت الطلق. وكذلك يظهر برق الصاعقة قبل سماع
 الرعد بمدة جملة ثوان ولكون مدة وصول البرق من رعد الينا هي
 كلاثي لقرب المسافة بالنظر الى سرعة النور فاذا لاحظنا عدة
 الثواني بين وصول البرق وبين الصوت وضربناها في 1120
 يحصل لنا بعد ذلك الرعد. ثم اذا هبت الريح الى جهة سير الصوت
 فتضاف سرعتها الى سرعة الصوت وتطرح اذا هبت الى جهة
 متقابلة. غير ان ذلك لا يجعل الفرقاً طفيفاً اذ كان الصوت
 اسرع من الرياح الاعيادية من 50 الى 100 مرة. ولا يؤثر في
 سرعة الصوت خلاف ما ذكر وهو درجة الحرارة والرياح فسواء
 كان الهواء خفيفاً او ثقيلاً رطباً او ناشفاً معدل ذلك واحد.
 وسقوط الثلوج يقصر امتداد الصوت الى بعدٍ ويصير اضعف على
 بعد مفروض ولكنه لا ينقص سرعته. وجميع انواع الاصوات عالية
 كانت ام منخفضة خفيفة ام كثيفة تتحرك بسرعة واحدة. اما كون
 الالحان العالية والوطيئة في الموسيقى تجري بسرعة واحدة فقد
 تبرهن بتغنية نغمات ما لوفة على فلوت عند طرف انبوبة طولها

اكثر من نصف ميل وأصغي اليها عند الطرف الاخر فلم يحصل اضطراب في ثابع الالحان الوطيئة والعالية كما يحدث اذا تحركت بسرعات مختلفة

٢٧٤ ان الاصوات تكون اعلى وتسمع عن بعد ابعد في الجهة التي يجري فيها الجسم المصوت المصادم للهواء او التي يجري فيها الهواء الذي يموج ما حوله من الهواء. فصور مدفع مثلاً يسمع الى ابعد في الجهة التي اطلق فيها والمتكلم في الهواء البعد الاعظم الذي في نهايته يسمعه من هو امامه اعظم من ثلاثة اضعاف البعد الاعظم الذي يسمعه في نهايته من خلفه وذلك لان الهواء الخارج من فيه الذي يكون قد تموج بحركة اوتار الخنجره لاسبيل له ان يجري في بداية تموجه الا الى قدام فيضعف تموجه بعد خروجه من الفم الى جهة خلف وهكذا يقال في مجرى الهواء الذي يموج بارود المدفع

٢٧٥ اذا حصر الصوت لكي يجري الى جهة واحدة كما اذا جرى في انبوبة يجري الى ابعد في الجهة التي ينحصر جريانه فيها. فان صوت الفلوت سُمع واضحاً الى ابعد من نصف ميل بارساله في انبوبة طويلة. والقربين السمي الذي يستعمل لاجل المناجاة في غرف بناء واسع او مركب كبير متصلاً من غرفة الى اخرى

بواسطة انايب هو ذو منفعة عظيمة لايصال شكل ١٤٩

صوت التكلم الى الغرف وهذه صورته

٢٧٦ إذا مر الصوت في ثقب لا ينحصر



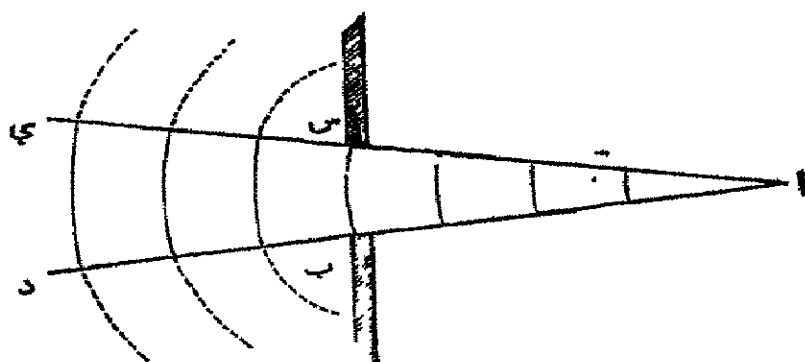
كل الانحصار داخل النخطوط المستقيمة المرسومة من مكان

الصوت مارة بحدود الثقب ولكنه يمتد قليلاً الى الجوانب

مثال في هذا الشكل اذا صدر الصوت من ا ومر في الثقب ب س

فالشخص بين د و س يسمع الصوت جلياً . ولكن حالما يبتعد واحد

شکل ۱۵۰



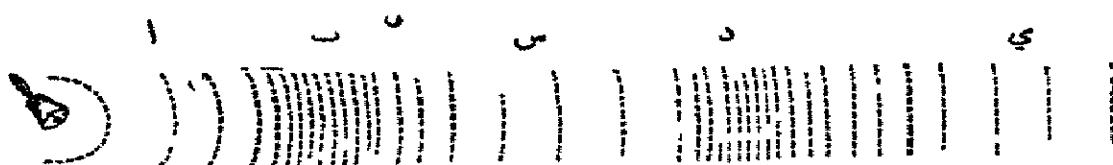
هذين الخطبين الى خارجها يشعر بان الصوت قد ضعف ولكنه لم يتلاش.

فانه يتوزع قليلاً منه خارج هذين الخطين كأن بوس مصدران له

٢٧٧ قد تقدم الكلام في السائلات انه في تموج المياه دقائق

الماء تصعد وتهبط اذ تتحرك الامواج المخبوية تلك الدقائق الى

شکل ۱۰۱



جهة افقية على سطح الماء فيجري تموج الدقائق في السائلات غير المرنة الى جهة معارضة لجهة حركة الامواج . واما التمرج الذي يحدث بانتقال الصوت فيختلف عن ذلك لان دقائق الهواء تموج في خط حركة الامواج فلا يكون في التمرج علو وانخفاض بل يحصل تكاثف وتلاطف

ففي (شكل ١٥١) تظهر حالة تموج الهواء حول مركز . فعند ب ود يتكاثف الهواء وعند ا وس وي يتلاطف . وكيفية ذلك ان الدقائق تندفع من مركز الصوت فتزدحم قدامه عند ب فتحدث تكاثف هناك . واتي عند ب تندفع بقوة المرونة وترحم التي امامها وهلم جرا فيمتد التمرج على هذا الاسلوب الى حيث يتلاشى كامواج الماء . وانما التكاثر عند ب يجعل الدقائق المردحة في تلك النقطة تتلاطف اذ تتحرك التي امامها الى قدام فتتفرق الدقائق في لحظة واحدة كما تكون قد ازدحمت بعضها على بعض في اللحظة السابقة . وهذه التكاثرات والتلاطفات المتتابعة تمتد من مصدر الصوت الى كل الجهات بسرعة نحو ١١٠٠ قدم كل ثانية كما مر . ولكن اذ نتقدم بسرعة كهذه تتحرك الدقائق التي تتألف منها الامواج الى الامام والى الوراء في نفس الخطوط التي تتحرك فيها الامواج . واذ كانت الامواج تنبعث من المركز بسرعة متساوية الى كل الجهات فيكون كل منها ذات سطح كروي مركزة مصدر الصوت

٢٧٨ قد قلنا ان الموصل الغالب للصوت هو الهواء ولكن جميع المواد المرنة سواء كانت غازية ام سائلة ام جامدة تصلح لنقل الصوت غير ان السرعة التي تسير بها الامواج تختلف في موصلات

مختلفة . ويتبين ان كل الغازات والبخارات توصل الصوت من انه اذا استخرج الهواء من قابلة فيها جرس حتى لا يعود يسمع قرعهُ ثم ملئت القابلة بمادة غازية مها كانت وقرع الجرس حينئذ يسمع صوته ايضاً . والسائلات ايضاً هي موصلة جيدة للصوت لان الجرس الذي يقرع تحت الماء يسمع الى بعد عظيم فيه . وفي سنة ١٨٢٦ عمل المعلم كولادون تجربات مدققة في ماء بحيرة جنيفا فوجد انه اذا قرع جرس في الماء فالصوت لا يتجاوز الماء فيسمع في الهواء الا اذا كانت الاذن قريبة من الجرس . ولكن الصوت اذا نزلت انبوبة من تنك مسدودة من اسفلها في الماء ووقع عموديا على جدارها يدخل الى الهواء داخلها ويسمع عن بعد كما يسمع بوضع الاذن تحت الماء تقريباً . وكذلك تحقق انه لما تكون حرارة الماء 47° يتحرك الصوت فيه على معدل ٤٧٠٠ قدم كل ثانية وذلك اكثر من اربعة اضعاف سرعته في الهواء . وقد لاحظ ايضاً ان الصوت في الماء لا يمتد خطوط اثقاب الاجسام الا بضعف . فاذا كان مصدر الصوت اكامي (شكل ١٥٠) وبس ثقباً بين الصخور تحت الماء فالصوت بعد اجتياز بس ينحصر بين الخطتين المستقيمين ادواي ولا يسمع خلف الصخور كما يسمع بين هذين الخطتين فالصوت خارج الخطتين اشبه

بظل النور كما سيأتي ولذلك يقال له أحياناً الظل السبعي
 ٢٧٩ إذا قرئت اذنك من طرف قضيب حديد طويل
 تسمع جلياً ولو تخميش الدبوس على الطرف الاخر اذا كان الصوت
 يصل الى الاذن بواسطة الحديد . ويمكن ان تصنع تجربة مثل
 هذه في عصا من خشب طويلة . واذا سدت الاذنان وعض شخص
 على طرف شريط طويل فادنى قرعة او تخميشة على الطرف
 الابعد تسمع كصوت عال جداً . فينتج مما مر ان قوة اتصال الصوت
 في المواد تختلف باختلاف الكثافة والمرونة فان زاداً معاً في مادة
 كانت اجود موصل للصوت وبالعكس ولذلك قد خلق الله
 داخل طبل الاذن عظام وشريطة غضروفية ملتفة لئلا حلزونياً
 مغموسة في سائل لطيف تحمل الصوت الى الدماغ كما يعرف
 من علم التشريح لانها انسب جداً من الهواء لاجل اتصال الصوت
 لوفور تصلب الاولى وزيادة مرونة الثانية . وصوت الزلزلة
 واضطرابات البراكين ينبعث الى بعد عظيم في الارض الجامدة .
 وقد تحقق بالامتحانات على الحديد المسكوب ان الصوت يسري
 في هذه المادة نحو ١٠٠٠ قدم في الثانية اي عشرة اضعاف سرعته
 في الهواء . واذا كان جمهور من الناس قادماً يعرف قدومهم عن
 بعد بوضع الاذن على الارض . وهذه العادة كانت جارية من

قديم بين قبائل البرية. ومن الملاحظات يظهر ان الكلب يشعر حالاً بجي شخص عن بعد حينما يكون ملقياً اذنه على الارض

٢٨٠ قد لوحظ ان الاصوات لا تجاز من الماء الى الهواء الا ضعيفة ومن الهواء الى الماء كذلك كما اشرنا (رقم ٢٧٨) فاذا اُطبقت القابلة المشار اليها سابقاً (رقم ٢٧٠) على صفحة المفرغة وحرك الجرس داخلها يكون الصوت قبل اخراج الهواء ضعيفاً. وذلك بداعي توسط الزجاجة بين الجرس والاذن مع ان الزجاج موصل جيد للصوت فيستنتج ان الصوت لا ينتقل من موصل الى اخر. ولذلك تسمع الاصوات ضعيفة اذا توسطت شجيرة بين الجسم المصوت والاذن ولئن يكن ذلك الشجيرة موصلاً جيداً للصوت. وإذا كان الجسم المتوسط ذا كثافات مختلفة حتى يقتضي الصوت ان يجاز عدة مرات من مادة الى اخرى فلا يكاد يسمع. ومن ذلك تنضح هذه الحقيقة وهي ان كباية الزجاج التي ترن جلياً وهي ممتلئة سائلاً يختفي صوتها كلياً اذا تغطى السائل بفقايع رغوة. فاقمشة مختلفة السمك رخوة النسيج ومواد خشبية او خزفية الخ هي غير قابلة لايصال الصوت الا قليلاً ولذلك لا يكون الصوت في البيت المكسي بالاثاث من خزائن وموائد ومقاعد وطنافس الخ قوياً كما في البيت الفارغ منه

الفصل الثاني

في انعكاس الاصوات

٢٨١ اذا التقت امواج صوت بسطح تنعكس عنه راجعة الى الهواء جارية على هذا الناموس وهو ان زاوية الانعكاس تساوي زاوية الوقوع . والصوت المنعكس يسمى صدًى

فبحسب القانون المذكور اذا اراد شخص ان يسمع صدًى صوته فعليه ان يستقر بحيث يكون صوته على خط عمودي على السطح المنعكس عنه الصدى . فالابنية والمغابر والصخور والجبال ذات الوديان والغيوم هي اجسام ترجع او تعكس الصدى . والاصداء في بعض الاماكن تكرر كثيراً من تعداد السطوح العاكسة وابعادها المختلفة او من تكرار رجوعها بين سطحين متوازيين فاذا اطلق مدفع في وادٍ بين عدة جبال فرجع الصدى يستمر احياناً مدة دقائق . وجداران متوازيان من بناء قد عرف انها يردّان صدًى طلق غلاراً بين خمسين وستين مرة . وكون الغيوم ترجع الاصداء يتبرهن من ملاحظة صوت مدفع اذا أطلق في حال

صفاة الجلد ثم في حال تكدره . فعلى الاول يكون الصوت بسيطاً حاداً وعلى الثاني يكون مستطيلاً مفرقاً بتكرار رجع الصدى بين الغيوم والارض

٢٨٢ ان رعد الغيوم الذي يستمر احياناً عدة ثوانٍ ليس ناتجاً فقط عن رجوع الصدى بل يحدث غالباً من تباين ابعاد مختلفة لمجرى الصاعقة نفسها . لانه على كل حال وميض البرق للصاعقة يلوح في لحظة فاذا كان طريقها في خطٍ بعضه ابعد عن الاذن من البعض الآخر كما اذا سارت في طريق متعرج تختلف الاوقات التي فيها يصل الصوت المتولد من اماكن مختلفة الى الاذن بحسب اختلاف البعد فيتكرر باختلافها

٢٨٣ ان الصوت ينعكس غالباً عن سطوح مستوية كجدران بناء او سطوح مشبهة بها كجوانب الوديان . ويلوح للسامع ان صوت الصدى بعد انعكاسه عن سطحٍ قد صدر من نقطة على الجانب الاخر من السطح العاكس على بعدٍ منه متساوٍ لبعد الصوت الاصلي من ذلك السطح . وقد مرّ انه اذا انعكس صوت الصدى لتكلم عن سطحٍ عمودياً يرجع اليه فيسمع صوت نفسه . فاذا راقب شخص عدد الثواني بين صدور الصوت منه ورجوع الصدى اليه يعرف بعده عن السطح العاكس بموجب العبارة

الآتية . لنفرض الثواني = ث والبعد = ب فمن حيث ان الصوت بذهابه وإيابه يكون قد سار مضاعف البعد بين المتكلم والسطح العاكس وسير الصوت = 1120 قدماً كل ثانية يكون $ث \times 1120 = 2ب$ و $ث = \frac{1120 \times ب}{2}$ ب اي لكي تعرف البعد بينك وبين سطح الصدى اضرب الثواني التي فيها يرجع الصوت اليك في 1120 وخذ نصف الحاصل فيكون لك البعد . ثم من تحويل العبارة المذكورة يظهر ان $ث = \frac{ب^2}{1120}$ فاذا كان بعد المتكلم عن سطح الصدى 48 قدماً تكون قيمة الثواني من حدوث الصوت الأصلي الى رجوع الصدى اقل من $\frac{1}{2}$ ومن حيث ان هذه المدة لا يشعر بها يختلط الصوتان ويصيران صوتاً واحداً اذا كان رجوع الصدى عن هذا البعد . وانما اذا كان البعد أكثر من 48 قدماً تكون المدة أكثر من $\frac{1}{2}$ من الثانية وحينئذ تميز الاذن بين الصوتين فيظهر لها صوت الصدى

١٨٤ ان ناموس انعكاس الصوت عن سطح وهو ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتان مطابق لنا موس انعكاس النور عنه ولذلك كما ان النور يتجمع بانعكاسه عن سطح مقعر الى بؤرة ويتفرق بانعكاسه عن سطح محدب كما سيأتي تعليقه يتجمع الصوت ويتفرق بانعكاسه عن سطح مقعراو محدب كذلك.

فاذا وُضع اُمرأتان شلجيتا الشكل احدهما مقابلة للآخرى
 على اي بعد كان فالصوت الصادر من بورة الواحدة ينعكس
 الى الاخرى في خطوط متوازية ومن ثم يتجمع عند بورة الثانية كما
 يصير في النور والحرارة . ولذلك تتجمع الاصوات في مركز واحد
 اذ تنعكس عن جدران وسقوف مقعرة كجدران الاقيية والقبيب
 وغير ذلك . واذا قرّبت صدفة مقعرة او ما يشبهها الى الاذن
 تسمع دمدمة وذلك ناتج عن تجمع الاصوات الخفية المارة في
 الهواء الى الاذن . وسطوح القرين السمعي تجمع الصوت على هذا
 المبدأ عينه في نقطة ثم ترسله في الانابيب الطويلة المتصلة بها .
 وهنا تظهر حكمة الباري في خلق فم الحيوان مستدير التجويف
 لكي يجمع صوت خنجرتيه فيسمع صوت نفسه جلياً بواسطة انبوبة
 تصل بين الحلق والسمع والاذن بارزة مقعرة لكي تنجلي للسمع
 الاصوات الخارجة . وغرف الوسوسة في باريز مصنوعة على هذا
 المبدأ . وكنيسة القديس بولس في لندن يظهر فيها هذه الخاصية
 المعجبة . والسطوح المقعرة التي يقابل احدها الاخر ككفين متقابلين
 في بستان او عقدتين منعقدتين على جانبي سوق او جسر يمكن
 الاشخاص في نوراتها ان تتحدث بالوسوسة مع وجود اصوات
 عالية في الفسحة بينهما من غيرها . ويحكى ان سجون ديونيسيوس

الملك الظالم كانت مصنوعة على هذا المبدأ منها تخرج انبوبة خفية الى مكان اخر فكان يضع اذنه على تلك الانبوبة فيسمع ولو الصوت الخفي من المسجونين

الفصل الثالث

في الآلات الموسيقية ومبادئها الفلسفية

١٨٥ ان اصوات الموسيقى تنشأ عن اهتزاز جسم مرن ورنان يحدث صوتاً مستطيلاً. فمتى كانت الاهتزازات فوق خمس عشرة او عشرين في الثانية يكون موسيقياً وكلما زادت سرعة الاهتزازات عن ذلك كان الصوت اعلى . والذي يجعل الصوت الموسيقي في الآلات هي الاوتار التي تحرك بالنقر عليها كالقانون والطنبورة او صفائح رقيقة من معدن او خلافة ينفخ عليها الهواء فيحركها كالارغن والمسحورة او عموء من الهواء نفسه محصور في انبوبة كالفلوت يحرك بالنفخ . فتشغيل الآلات الموسيقية يكون اما بالنفخ او بالنقر على الاوتار. اما الصوت الانساني فناتج عن كليهما لان الرئة هي بمنزلة منفخ يُنفخ بها باخراج الهواء منها وقد خلق الباري

عند اسفل الحجرة اوتاراً للصوت تندغم على غضروفين احدها
يقابل الآخر يتباعلان او يتقاربان بالارادة لكي تشتد الاوتار او
ترتخي عند ما يريد المغني ان يرفع صوته او يخفضه . وعند ما تنفخ
الرئة على هذه الاوتار وتجعل اصواتاً مستطيلة يحصل الصوت الموسيقي
٢٨٦ ان الوتر الموسيقي يقتضي ان يكون ذا ثخن واحد مربوطاً
بين نقطتين مشدوداً بقوة اعظم جداً من ثقله لكي يجعل صوتاً
موسيقياً . وقوة الشد لوتر مربوط طرفاه ومشدود على آلة
موسيقية توهم غالباً ثقلاً يجعل نفس الشد على تقدير كون الوتر
مربوطاً طرفه الواحد كما كان ويمر على بكرة عند الطرف الآخر
معلقاً فيه ذلك الثقل . وعند ما يُنقَر عليه يهتز الى جانبي خط
موقعه حال سكونه ونقطتا الارتباط تبقيان ثابتتين وسي الصوت
الذي يحدثه قراراً . اما درجة القرار في الاوتار الموسيقية فقد وجد
بالامتحان انها تتوقف على ثلاثة امور وهي طول الخيط وشده
وثقله . فاللحن يصير اعلى بزيادة الشد وتنقيص كلال الطول
والثقل . وتأثير هذه الامور يظهر في الكنجاء الاعتيادية والقانون .
فدرجة احد الاوتار ترتفع او تنخفض بمرم البرغي حتى يزيد او
ينقص شده . او اذا بقي الشد على حاله يحصل الحان اعلى من
الوتر نفسه بوضع الاصابع بحيث يقصر وكلما قصر زاد علو الصوت .

وعلى هذا المبدأ يلعب من يغني على الربابة. أو اذا بقي الشد وطول الوتر على حالهما تتغير الدرجة فينخفض قرار الصوت يجعل الوتر اثخن أو يرتفع يجعله أدقّ إذا ازداد أو ينقص ثقله

ان وقت الاهتزاز المزدوج هو وقت مرور وتر من نقطة جذب اليها على الجانب الواحد من خط سكوتيه الى النقطة القصوى المقابلة التي يصل اليها على الجانب الآخر ورجوعه الى النقطة الاولى ايضاً . وقد تحقق ان وقت الاهتزاز المزدوج الذي هو عبارة عن اجزاء من ثانية من الوقت يوجد بالعبارة الآتية . لتكن ط طول الوتر عقداً وث ثقل عقدة من الوتر وش ثقلاً يساوي قوة الشدّوج بين سقوط الجسم - ١٦٢ عقدة ووقت الاهتزاز المزدوج الذي هو عبارة عن اجزاء ثانية . ثم و - ط $\left(\frac{ش}{ث} \right)^{\frac{١}{٢}}$ - ط $\left(\frac{ش}{ث} \right)^{\frac{١}{٢}}$

ولما كان بعد الوتر من موقع سكوتيه لا يجعل فرقاً في العبارة الجبرية لوقت الاهتزاز المزدوج فهذا الوقت مستقل عن البعد لان اهتزازات وتر مربوط من طرفيه تتم في اوقات متساوية سواء كان طول الاهتزازات اعظم او اقل كما ان وقت حركة رقاص في اقواس صغيرة لا يختلف باختلافها . وذلك يتضح من انه بزيادة بعد الوتر عن موقع سكوتيه يزيد شدّة فتريد سرعته وباقتربه اليه يقل شدّة فتقل سرعته . ومن حيث ان السرعة تزداد بازدياد البعد وتقل بنقصانه فيوافق العقل الحكم بمساواة الوقت . ولذلك اذا نُقِرَ على الاوتار بقوة قوية حتى يكون طول الاهتزاز المزدوج اعظم تعلقو درجة الصوت لان علوها يتوقف على زيادة السرعة كما مر وانما تزيد كثافته التي يراد بها في اصطلاح الموسيقيين زيادة وضوحه للاذن وخشوته لا علو درجته . وعلى تساوي اوقات الاهتزاز يتوقف بقاء اللحن . ودليله ان

اختلاف ثخن وتر في اجزاء من طوله اذ كان يجعل اوقات الاهتزازات غير متساوية بصير الصوت مخلوطاً ومختلفاً وكل ما يزيل مساواة الوقت في اهتزازات معينة لوتر تحصل منه هذه النتيجة . وهذا الناموس قد وجد انه يجري على سائر انواع الاصوات الموسيقية

٢٨٨ ثم لما كان عدد الاهتزازات في الاوتار في ثانية من الوقت يختلف بالقلب كوقت اهتزاز واحدة يدل عليه بقلب العبارة الدالة على الوقت . فاذا جعلنا ع - عدد الاهتزازات تكون ع - $\frac{126}{126}$ وسرعة الاهتزازات المدلول عليها بهذه العبارة قد وجد انه مطابق للواقع عند امتحان الاوتار التي اهتزازها بطي حتى يمكن ان تعد اهتزازاتها

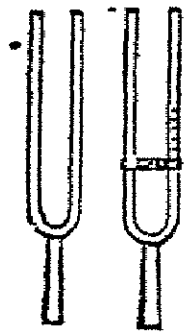
٢٨٩ انه من هذه العبارة تتضح الحقيقة التي اشرنا اليها سابقاً وهي ان قرار الوتر يختلف باختلاف احد الاشياء الثلاثة وهي طول الخيط وشده وثقله

لانه لما كانت ج او ١٢ او ٢ في العبارة عددان ثابتان فلاجل النظر الى اختلاف عدد الاهتزازات باختلاف احد الاشياء المذكورة يصح حذفها منها فتصير العبارة ع $\propto \frac{1}{L}$. فاذا بقي الشد وثقل عقدة من الوتر على حالها تكون ع $\propto \frac{1}{L}$ اي ان عدد الاهتزازات تتغير بالقلب كطول الوتر . فاذا ضاعفنا طول الوتر مثلاً يصير القرار نصفاً وبالعكس . واذا بقي الشد والطول على حالهما تكون ع $\propto \frac{1}{L}$ اي ان عدد الاهتزازات يتغير بالقلب كجذر ثقل عقدة من الوتر او كجذر ثخنها . فوتر اربعة اضعاف ثقل اخر تكون سرعة اهتزاز نصف سرعة الاخر . واذا بقي الطول وثقل عقدة من الوتر على حالهما فتكون ع $\propto \frac{1}{L}$ اي ان عدد الاهتزازات تتغير كتنغير جذر الشد . وعلى ذلك يقتضي ان نجعل وتر القانون اربعة اضعاف اشد مما كان لكي تنضاعف سرعة اهتزازة . ولما كانت درجة علو الصوت تختلف كاختلاف

سرعة الاهتزازات فدرجة القرار تتوقف على الاشياء الثلاثة المذكورة

٢٩٠ ان القضبان والصفائح المعدنية تجري على القاعدة المذكورة
للالوتار نفسها اي ان درجة قرارها في الموسيقى تتوقف على احد
الثلاثة وهي الطول والثقل او الثخن والشد . ولما كان الشد
متوقف على مرونة المعدن نفسه الطبيعية فلا يختلف الشد في
معدن من جنس واحد اذ لا تتغير مرونته وانما يختلف الشد
باختلاف المعدن . ففي معدن واحد اذا يختلف الصوت باختلاف
الطول والثخن

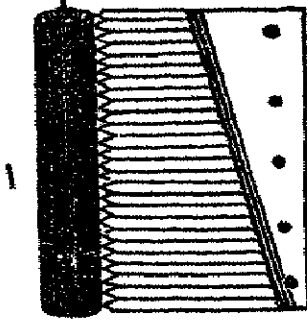
وعلى ذلك قد اخترع آلة تسمى بمقياس القرار وهذه صورتها . وهي آلة
من فولاذ ذات شعبتين يجعل طولها بحسب اللزوم شكل ١٥٢
لكي تعطي صوت قرار معين اذا انضربت على شيء
صلب او كبس على طرفي شعبتيها بالاصابع ليقتربا ثم
أفلتا وقربت من الاذن . وسميت بمقياس القرار لكون
الموسيقى يلقط بها صوت القرار المعين لها ومن ثم
يتدرج في السلم الطبيعي بصوته الى ان يصل الى القرار
المطلوب عند ما يقصد ان يرتل او يغني نغمة يتبدى



فيها بقرار معلوم . وقد يجعل لمقياس القرار رابط معدني يربط شعبتيه ويحرك
عليها حتى يجعلها قصيرتين او طويلتين اذا حرك فيحصل من قرعه قرارات
مختلفة بحسب الطول والقصر . وكل ذلك يتضح لك من (شكل ١٥١)
وبموجب ذلك ايضا قد اخترعت الآلة التي تغني من نفسها . وتفصيلها
كما ترى في (شكل ١٥٢) . فان ب صفيحة من فولاذ او معدن اخر ذات

سنان كالمشط غير ان سنان المشط متساوية طولاً وهذه تختلف في الطول فكل سنان اطول من الذي يليه اذا ابتدانا

شكل ١٥٢



من الاقصر وبالعكس كما ترى وذلك لكي تختلف درجة قرار كل منها عن الآخر فتحدث صوتاً موسيقياً لان درجة القرار متوقفة على الطول كما تقدم فتعلو اذا قصر وبالعكس . واما افهي اسطوانة من نحاس

او معدن اخر يدبرها دواليب وزنبرك على اسلوب الساعة . وعلى سطح هذه الاسطوانة تتوات لقرع سنان المشط ويجعل توقيع هذه التوات مناسباً لقرع السنان المقتضية لالحان النغمة

والصفائح الرقيقة المعدنية الكائنة في اثقاب ارغن تختلف ايضاً في الطول والاقصر فتختلف درجة قرارها . وحينما يراد تغنية نغمة عليه ترفع الحواجز بواسطة الاصابع عن الاثقاب التي تقتضي الحان النغمة رفع الحواجز عنها لمرور الهواء من منفخ الارغن عليها فيكون مشبهاً للمشط في كيفية اصدار الصوت

٢٩١ اما الفلوت والشبابة والصفارة وما شاكلها فالذي يحدث فيها الاصوات الموسيقية هو اهتزاز العمود من الهواء وتوجه المتضمن في كل منها فاذا نفخ على هذا العمود من ثقب يرتج فيحدث صوتاً . فتكون عواميد الهواء كالاولتار والنفخ على هذه كالنقر على تلك . وهي تجري في احداث الصوت الموسيقي على القاعدة المذكورة للاولتار نفسها وهي ان علو قرارها او انخفاضه يتوقف على احد ثلاثة اشياء وهي الطول والثقل او الثخن والشد غير ان الشد هنا يحصل بقوة النفخ . ودليل ذلك انه كلما قصرنا عمود الهواء في الفلوت برفع الاصابع عن الاثقاب يرتفع الصوت . وكلما جيل فراغه اوسع مع بقاء الطول والشد ينخفض قراره . واذا شدنا النفخ مع بقاء الطول

والثخن يعلو القرار. ولما كان عمود الهواء المنحصر في هذه الآلات هو الذي يحدث الصوت الموسيقي وليس الآه فلا يظهر اختلاف جوهري من اختلاف مادتها أو سمك جدرانها. فإذا كان الفلوت من مادة معدنية أو خشبية أو غيرها رقيقاً أو سميكاً يحدث صوتاً موسيقياً على حدٍّ سوى. وكل ذلك يظهر من الامتحان بالتنفخ على عقد قصب مفتوحة من طرف واحد. ويجب أن يلاحظ أن عمود الهواء محصوراً من الجانبين أو صفحة معدنية أو وترًا مرتبطاً من الطرفين يعطي صوتاً كصوت نصفه محصوراً أو متصلاً من طرف واحد وسبب ذلك واضح

الفصل الرابع

في السلم الموسيقي

٢٩٢ السلم الموسيقي هو ثمانية اصوات متوالية طبيعية تعلو أو تهبط كل منها أعلى من الذي قبله صعوداً واطى منه نزولاً. ويقال له أيضاً ديوان أو طبقة أو مرتبة وهذه الاصوات أبراج أو الحان وقد عبر الموسيقيون عن هذه الابراج بثمانية الفاظ يلفظ كل منها عند تصويت البرج الذي جعل اللفظ له وهي

دو	را	مي	فا	سول	لا	تي	دو
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨

والمقصود الآن أن نبحث عما يتعلق بالفلسفة من أمر هذا السلم لأن

استيفاء الكلام في ذلك من متعلقات علم الغناء

٢٩٣ أنه يمكن بواسطة الصناعة ان تصنع آلة موسيقية تغني اصواتًا عديدة تعلوا وتهبط بمضروب مشترك كسلسلة هندسية او بفضل مشترك كسلسلة حسائية وانما الموسيقيون لا يفعلون ذلك بل يجعلون الآلة تتفق مع اصوات السلم الطبيعي التي يغنيها الانسان لا الآلة. وهذه الاصوات لا تعلوا وتهبط على نسبة هندسية او حسائية بل على نسبة معلومة بحيث تكون طبيعية لذينة للاذن اذا غنيت الحانًا متوالية

٢٩٤ ان قرار دو الذي هو مبدأ السلم لا تتعين درجة علوه بل يجوز ان يكون من اي علو كان ومنه يرتقي الى باقي اصوات السلم. غير انه اذا ابتدئ به بصوت عال فقد يقصر مغنيه عن الوصول الى نهاية السلم. وقد وجد بالامتحان انه اذا جعل الوتر اصوت القرار دو في قانون او آلة اخرى واحدًا فالثانية اوتار لكي تتفق مع صوت السلم تكون اطوالها على هذا الترتيب $1 \frac{1}{2} \frac{1}{3} \frac{1}{4} \frac{1}{5} \frac{1}{6} \frac{1}{7} \frac{1}{8} \frac{1}{9} \frac{1}{10} \frac{1}{11} \frac{1}{12}$. ويقال للصوت الذي يجعله كل الوتر المدلول عليه بواحد مفتاح وللاصوات التي تليه الثاني والثالث الخ بالتتابع. ثم لما كان عدد الاهتزازات وبالنتيجة علو الصوت بالقلب كطول الوتر فاذا قلبت هذه الكسور تدل على ابراج كل

طبقة فتعرف نسبة بعضها الى بعض فاذا كان البرج الاول واحداً
تكون الثانية ابراج هكذا $1/1, 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 6/7, 7/8, 8/9, 9/10$. واذا جعلنا الاول
٢٤ لكي نزول الكسور وابقينا النسبة الكائنة بين الابرار يدل
على الثانية بهذه الاعداد وهي ٢٤ ٢٧ ٣٠ ٣٣ ٣٦ ٤٠ ٤١ ٤٥ ٤٨ ٥١ ٥٤ ٥٧ ٦٠ ٦٣ ٦٦ ٦٩ ٧٢ ٧٥ ٧٨ ٨١ ٨٤ ٨٧ ٩٠ ٩٣ ٩٦ ٩٩ ١٠٢ ١٠٥ ١٠٨ ١١١ ١١٤ ١١٧ ١٢٠ ١٢٣ ١٢٦ ١٢٩ ١٣٢ ١٣٥ ١٣٨ ١٤١ ١٤٤ ١٤٧ ١٥٠ ١٥٣ ١٥٦ ١٥٩ ١٦٢ ١٦٥ ١٦٨ ١٧١ ١٧٤ ١٧٧ ١٨٠ ١٨٣ ١٨٦ ١٨٩ ١٩٢ ١٩٥ ١٩٨ ٢٠١ ٢٠٤ ٢٠٧ ٢١٠ ٢١٣ ٢١٦ ٢١٩ ٢٢٢ ٢٢٥ ٢٢٨ ٢٣١ ٢٣٤ ٢٣٧ ٢٤٠ ٢٤٣ ٢٤٦ ٢٤٩ ٢٥٢ ٢٥٥ ٢٥٨ ٢٦١ ٢٦٤ ٢٦٧ ٢٧٠ ٢٧٣ ٢٧٦ ٢٧٩ ٢٨٢ ٢٨٥ ٢٨٨ ٢٩١ ٢٩٤ ٢٩٧ ٣٠٠ ٣٠٣ ٣٠٦ ٣٠٩ ٣١٢ ٣١٥ ٣١٨ ٣٢١ ٣٢٤ ٣٢٧ ٣٣٠ ٣٣٣ ٣٣٦ ٣٣٩ ٣٤٢ ٣٤٥ ٣٤٨ ٣٥١ ٣٥٤ ٣٥٧ ٣٦٠ ٣٦٣ ٣٦٦ ٣٦٩ ٣٧٢ ٣٧٥ ٣٧٨ ٣٨١ ٣٨٤ ٣٨٧ ٣٩٠ ٣٩٣ ٣٩٦ ٣٩٩ ٤٠٢ ٤٠٥ ٤٠٨ ٤١١ ٤١٤ ٤١٧ ٤٢٠ ٤٢٣ ٤٢٦ ٤٢٩ ٤٣٢ ٤٣٥ ٤٣٨ ٤٤١ ٤٤٤ ٤٤٧ ٤٥٠ ٤٥٣ ٤٥٦ ٤٥٩ ٤٦٢ ٤٦٥ ٤٦٨ ٤٧١ ٤٧٤ ٤٧٧ ٤٨٠ ٤٨٣ ٤٨٦ ٤٨٩ ٤٩٢ ٤٩٥ ٤٩٨ ٥٠١ ٥٠٤ ٥٠٧ ٥١٠ ٥١٣ ٥١٦ ٥١٩ ٥٢٢ ٥٢٥ ٥٢٨ ٥٣١ ٥٣٤ ٥٣٧ ٥٤٠ ٥٤٣ ٥٤٦ ٥٤٩ ٥٥٢ ٥٥٥ ٥٥٨ ٥٦١ ٥٦٤ ٥٦٧ ٥٧٠ ٥٧٣ ٥٧٦ ٥٧٩ ٥٨٢ ٥٨٥ ٥٨٨ ٥٩١ ٥٩٤ ٥٩٧ ٦٠٠ ٦٠٣ ٦٠٦ ٦٠٩ ٦١٢ ٦١٥ ٦١٨ ٦٢١ ٦٢٤ ٦٢٧ ٦٣٠ ٦٣٣ ٦٣٦ ٦٣٩ ٦٤٢ ٦٤٥ ٦٤٨ ٦٥١ ٦٥٤ ٦٥٧ ٦٦٠ ٦٦٣ ٦٦٦ ٦٦٩ ٦٧٢ ٦٧٥ ٦٧٨ ٦٨١ ٦٨٤ ٦٨٧ ٦٩٠ ٦٩٣ ٦٩٦ ٦٩٩ ٧٠٢ ٧٠٥ ٧٠٨ ٧١١ ٧١٤ ٧١٧ ٧٢٠ ٧٢٣ ٧٢٦ ٧٢٩ ٧٣٢ ٧٣٥ ٧٣٨ ٧٤١ ٧٤٤ ٧٤٧ ٧٥٠ ٧٥٣ ٧٥٦ ٧٥٩ ٧٦٢ ٧٦٥ ٧٦٨ ٧٧١ ٧٧٤ ٧٧٧ ٧٨٠ ٧٨٣ ٧٨٦ ٧٨٩ ٧٩٢ ٧٩٥ ٧٩٨ ٨٠١ ٨٠٤ ٨٠٧ ٨١٠ ٨١٣ ٨١٦ ٨١٩ ٨٢٢ ٨٢٥ ٨٢٨ ٨٣١ ٨٣٤ ٨٣٧ ٨٤٠ ٨٤٣ ٨٤٦ ٨٤٩ ٨٥٢ ٨٥٥ ٨٥٨ ٨٦١ ٨٦٤ ٨٦٧ ٨٧٠ ٨٧٣ ٨٧٦ ٨٧٩ ٨٨٢ ٨٨٥ ٨٨٨ ٨٩١ ٨٩٤ ٨٩٧ ٩٠٠ ٩٠٣ ٩٠٦ ٩٠٩ ٩١٢ ٩١٥ ٩١٨ ٩٢١ ٩٢٤ ٩٢٧ ٩٣٠ ٩٣٣ ٩٣٦ ٩٣٩ ٩٤٢ ٩٤٥ ٩٤٨ ٩٥١ ٩٥٤ ٩٥٧ ٩٦٠ ٩٦٣ ٩٦٦ ٩٦٩ ٩٧٢ ٩٧٥ ٩٧٨ ٩٨١ ٩٨٤ ٩٨٧ ٩٩٠ ٩٩٣ ٩٩٦ ٩٩٩ ١٠٠٢ ١٠٠٥ ١٠٠٨ ١٠١١ ١٠١٤ ١٠١٧ ١٠٢٠ ١٠٢٣ ١٠٢٦ ١٠٢٩ ١٠٣٢ ١٠٣٥ ١٠٣٨ ١٠٤١ ١٠٤٤ ١٠٤٧ ١٠٥٠ ١٠٥٣ ١٠٥٦ ١٠٥٩ ١٠٦٢ ١٠٦٥ ١٠٦٨ ١٠٧١ ١٠٧٤ ١٠٧٧ ١٠٨٠ ١٠٨٣ ١٠٨٦ ١٠٨٩ ١٠٩٢ ١٠٩٥ ١٠٩٨ ١١٠١ ١١٠٤ ١١٠٧ ١١١٠ ١١١٣ ١١١٦ ١١١٩ ١١٢٢ ١١٢٥ ١١٢٨ ١١٣١ ١١٣٤ ١١٣٧ ١١٤٠ ١١٤٣ ١١٤٦ ١١٤٩ ١١٥٢ ١١٥٥ ١١٥٨ ١١٦١ ١١٦٤ ١١٦٧ ١١٧٠ ١١٧٣ ١١٧٦ ١١٧٩ ١١٨٢ ١١٨٥ ١١٨٨ ١١٩١ ١١٩٤ ١١٩٧ ١٢٠٠ ١٢٠٣ ١٢٠٦ ١٢٠٩ ١٢١٢ ١٢١٥ ١٢١٨ ١٢٢١ ١٢٢٤ ١٢٢٧ ١٢٣٠ ١٢٣٣ ١٢٣٦ ١٢٣٩ ١٢٤٢ ١٢٤٥ ١٢٤٨ ١٢٥١ ١٢٥٤ ١٢٥٧ ١٢٦٠ ١٢٦٣ ١٢٦٦ ١٢٦٩ ١٢٧٢ ١٢٧٥ ١٢٧٨ ١٢٨١ ١٢٨٤ ١٢٨٧ ١٢٩٠ ١٢٩٣ ١٢٩٦ ١٢٩٩ ١٣٠٢ ١٣٠٥ ١٣٠٨ ١٣١١ ١٣١٤ ١٣١٧ ١٣٢٠ ١٣٢٣ ١٣٢٦ ١٣٢٩ ١٣٣٢ ١٣٣٥ ١٣٣٨ ١٣٤١ ١٣٤٤ ١٣٤٧ ١٣٥٠ ١٣٥٣ ١٣٥٦ ١٣٥٩ ١٣٦٢ ١٣٦٥ ١٣٦٨ ١٣٧١ ١٣٧٤ ١٣٧٧ ١٣٨٠ ١٣٨٣ ١٣٨٦ ١٣٨٩ ١٣٩٢ ١٣٩٥ ١٣٩٨ ١٤٠١ ١٤٠٤ ١٤٠٧ ١٤١٠ ١٤١٣ ١٤١٦ ١٤١٩ ١٤٢٢ ١٤٢٥ ١٤٢٨ ١٤٣١ ١٤٣٤ ١٤٣٧ ١٤٤٠ ١٤٤٣ ١٤٤٦ ١٤٤٩ ١٤٥٢ ١٤٥٥ ١٤٥٨ ١٤٦١ ١٤٦٤ ١٤٦٧ ١٤٧٠ ١٤٧٣ ١٤٧٦ ١٤٧٩ ١٤٨٢ ١٤٨٥ ١٤٨٨ ١٤٩١ ١٤٩٤ ١٤٩٧ ١٥٠٠ ١٥٠٣ ١٥٠٦ ١٥٠٩ ١٥١٢ ١٥١٥ ١٥١٨ ١٥٢١ ١٥٢٤ ١٥٢٧ ١٥٣٠ ١٥٣٣ ١٥٣٦ ١٥٣٩ ١٥٤٢ ١٥٤٥ ١٥٤٨ ١٥٥١ ١٥٥٤ ١٥٥٧ ١٥٦٠ ١٥٦٣ ١٥٦٦ ١٥٦٩ ١٥٧٢ ١٥٧٥ ١٥٧٨ ١٥٨١ ١٥٨٤ ١٥٨٧ ١٥٩٠ ١٥٩٣ ١٥٩٦ ١٥٩٩ ١٦٠٢ ١٦٠٥ ١٦٠٨ ١٦١١ ١٦١٤ ١٦١٧ ١٦٢٠ ١٦٢٣ ١٦٢٦ ١٦٢٩ ١٦٣٢ ١٦٣٥ ١٦٣٨ ١٦٤١ ١٦٤٤ ١٦٤٧ ١٦٥٠ ١٦٥٣ ١٦٥٦ ١٦٥٩ ١٦٦٢ ١٦٦٥ ١٦٦٨ ١٦٧١ ١٦٧٤ ١٦٧٧ ١٦٨٠ ١٦٨٣ ١٦٨٦ ١٦٨٩ ١٦٩٢ ١٦٩٥ ١٦٩٨ ١٧٠١ ١٧٠٤ ١٧٠٧ ١٧١٠ ١٧١٣ ١٧١٦ ١٧١٩ ١٧٢٢ ١٧٢٥ ١٧٢٨ ١٧٣١ ١٧٣٤ ١٧٣٧ ١٧٤٠ ١٧٤٣ ١٧٤٦ ١٧٤٩ ١٧٥٢ ١٧٥٥ ١٧٥٨ ١٧٦١ ١٧٦٤ ١٧٦٧ ١٧٧٠ ١٧٧٣ ١٧٧٦ ١٧٧٩ ١٧٨٢ ١٧٨٥ ١٧٨٨ ١٧٩١ ١٧٩٤ ١٧٩٧ ١٨٠٠ ١٨٠٣ ١٨٠٦ ١٨٠٩ ١٨١٢ ١٨١٥ ١٨١٨ ١٨٢١ ١٨٢٤ ١٨٢٧ ١٨٣٠ ١٨٣٣ ١٨٣٦ ١٨٣٩ ١٨٤٢ ١٨٤٥ ١٨٤٨ ١٨٥١ ١٨٥٤ ١٨٥٧ ١٨٦٠ ١٨٦٣ ١٨٦٦ ١٨٦٩ ١٨٧٢ ١٨٧٥ ١٨٧٨ ١٨٨١ ١٨٨٤ ١٨٨٧ ١٨٩٠ ١٨٩٣ ١٨٩٦ ١٨٩٩ ١٩٠٢ ١٩٠٥ ١٩٠٨ ١٩١١ ١٩١٤ ١٩١٧ ١٩٢٠ ١٩٢٣ ١٩٢٦ ١٩٢٩ ١٩٣٢ ١٩٣٥ ١٩٣٨ ١٩٤١ ١٩٤٤ ١٩٤٧ ١٩٥٠ ١٩٥٣ ١٩٥٦ ١٩٥٩ ١٩٦٢ ١٩٦٥ ١٩٦٨ ١٩٧١ ١٩٧٤ ١٩٧٧ ١٩٨٠ ١٩٨٣ ١٩٨٦ ١٩٨٩ ١٩٩٢ ١٩٩٥ ١٩٩٨ ٢٠٠١ ٢٠٠٤ ٢٠٠٧ ٢٠١٠ ٢٠١٣ ٢٠١٦ ٢٠١٩ ٢٠٢٢ ٢٠٢٥ ٢٠٢٨ ٢٠٣١ ٢٠٣٤ ٢٠٣٧ ٢٠٤٠ ٢٠٤٣ ٢٠٤٦ ٢٠٤٩ ٢٠٥٢ ٢٠٥٥ ٢٠٥٨ ٢٠٦١ ٢٠٦٤ ٢٠٦٧ ٢٠٧٠ ٢٠٧٣ ٢٠٧٦ ٢٠٧٩ ٢٠٨٢ ٢٠٨٥ ٢٠٨٨ ٢٠٩١ ٢٠٩٤ ٢٠٩٧ ٢١٠٠ ٢١٠٣ ٢١٠٦ ٢١٠٩ ٢١١٢ ٢١١٥ ٢١١٨ ٢١٢١ ٢١٢٤ ٢١٢٧ ٢١٣٠ ٢١٣٣ ٢١٣٦ ٢١٣٩ ٢١٤٢ ٢١٤٥ ٢١٤٨ ٢١٥١ ٢١٥٤ ٢١٥٧ ٢١٦٠ ٢١٦٣ ٢١٦٦ ٢١٦٩ ٢١٧٢ ٢١٧٥ ٢١٧٨ ٢١٨١ ٢١٨٤ ٢١٨٧ ٢١٩٠ ٢١٩٣ ٢١٩٦ ٢١٩٩ ٢٢٠٢ ٢٢٠٥ ٢٢٠٨ ٢٢١١ ٢٢١٤ ٢٢١٧ ٢٢٢٠ ٢٢٢٣ ٢٢٢٦ ٢٢٢٩ ٢٢٣٢ ٢٢٣٥ ٢٢٣٨ ٢٢٤١ ٢٢٤٤ ٢٢٤٧ ٢٢٥٠ ٢٢٥٣ ٢٢٥٦ ٢٢٥٩ ٢٢٦٢ ٢٢٦٥ ٢٢٦٨ ٢٢٧١ ٢٢٧٤ ٢٢٧٧ ٢٢٨٠ ٢٢٨٣ ٢٢٨٦ ٢٢٨٩ ٢٢٩٢ ٢٢٩٥ ٢٢٩٨ ٢٣٠١ ٢٣٠٤ ٢٣٠٧ ٢٣١٠ ٢٣١٣ ٢٣١٦ ٢٣١٩ ٢٣٢٢ ٢٣٢٥ ٢٣٢٨ ٢٣٣١ ٢٣٣٤ ٢٣٣٧ ٢٣٤٠ ٢٣٤٣ ٢٣٤٦ ٢٣٤٩ ٢٣٥٢ ٢٣٥٥ ٢٣٥٨ ٢٣٦١ ٢٣٦٤ ٢٣٦٧ ٢٣٧٠ ٢٣٧٣ ٢٣٧٦ ٢٣٧٩ ٢٣٨٢ ٢٣٨٥ ٢٣٨٨ ٢٣٩١ ٢٣٩٤ ٢٣٩٧ ٢٤٠٠ ٢٤٠٣ ٢٤٠٦ ٢٤٠٩ ٢٤١٢ ٢٤١٥ ٢٤١٨ ٢٤٢١ ٢٤٢٤ ٢٤٢٧ ٢٤٣٠ ٢٤٣٣ ٢٤٣٦ ٢٤٣٩ ٢٤٤٢ ٢٤٤٥ ٢٤٤٨ ٢٤٥١ ٢٤٥٤ ٢٤٥٧ ٢٤٦٠ ٢٤٦٣ ٢٤٦٦ ٢٤٦٩ ٢٤٧٢ ٢٤٧٥ ٢٤٧٨ ٢٤٨١ ٢٤٨٤ ٢٤٨٧ ٢٤٩٠ ٢٤٩٣ ٢٤٩٦ ٢٤٩٩ ٢٥٠٢ ٢٥٠٥ ٢٥٠٨ ٢٥١١ ٢٥١٤ ٢٥١٧ ٢٥٢٠ ٢٥٢٣ ٢٥٢٦ ٢٥٢٩ ٢٥٣٢ ٢٥٣٥ ٢٥٣٨ ٢٥٤١ ٢٥٤٤ ٢٥٤٧ ٢٥٥٠ ٢٥٥٣ ٢٥٥٦ ٢٥٥٩ ٢٥٦٢ ٢٥٦٥ ٢٥٦٨ ٢٥٧١ ٢٥٧٤ ٢٥٧٧ ٢٥٨٠ ٢٥٨٣ ٢٥٨٦ ٢٥٨٩ ٢٥٩٢ ٢٥٩٥ ٢٥٩٨ ٢٦٠١ ٢٦٠٤ ٢٦٠٧ ٢٦١٠ ٢٦١٣ ٢٦١٦ ٢٦١٩ ٢٦٢٢ ٢٦٢٥ ٢٦٢٨ ٢٦٣١ ٢٦٣٤ ٢٦٣٧ ٢٦٤٠ ٢٦٤٣ ٢٦٤٦ ٢٦٤٩ ٢٦٥٢ ٢٦٥٥ ٢٦٥٨ ٢٦٦١ ٢٦٦٤ ٢٦٦٧ ٢٦٧٠ ٢٦٧٣ ٢٦٧٦ ٢٦٧٩ ٢٦٨٢ ٢٦٨٥ ٢٦٨٨ ٢٦٩١ ٢٦٩٤ ٢٦٩٧ ٢٧٠٠ ٢٧٠٣ ٢٧٠٦ ٢٧٠٩ ٢٧١٢ ٢٧١٥ ٢٧١٨ ٢٧٢١ ٢٧٢٤ ٢٧٢٧ ٢٧٣٠ ٢٧٣٣ ٢٧٣٦ ٢٧٣٩ ٢٧٤٢ ٢٧٤٥ ٢٧٤٨ ٢٧٥١ ٢٧٥٤ ٢٧٥٧ ٢٧٦٠ ٢٧٦٣ ٢٧٦٦ ٢٧٦٩ ٢٧٧٢ ٢٧٧٥ ٢٧٧٨ ٢٧٨١ ٢٧٨٤ ٢٧٨٧ ٢٧٩٠ ٢٧٩٣ ٢٧٩٦ ٢٧٩٩ ٢٨٠٢ ٢٨٠٥ ٢٨٠٨ ٢٨١١ ٢٨١٤ ٢٨١٧ ٢٨٢٠ ٢٨٢٣ ٢٨٢٦ ٢٨٢٩ ٢٨٣٢ ٢٨٣٥ ٢٨٣٨ ٢٨٤١ ٢٨٤٤ ٢٨٤٧ ٢٨٥٠ ٢٨٥٣ ٢٨٥٦ ٢٨٥٩ ٢٨٦٢ ٢٨٦٥ ٢٨٦٨ ٢٨٧١ ٢٨٧٤ ٢٨٧٧ ٢٨٨٠ ٢٨٨٣ ٢٨٨٦ ٢٨٨٩ ٢٨٩٢ ٢٨٩٥ ٢٨٩٨ ٢٩٠١ ٢٩٠٤ ٢٩٠٧ ٢٩١٠ ٢٩١٣ ٢٩١٦ ٢٩١٩ ٢٩٢٢ ٢٩٢٥ ٢٩٢٨ ٢٩٣١ ٢٩٣٤ ٢٩٣٧ ٢٩٤٠ ٢٩٤٣ ٢٩٤٦ ٢٩٤٩ ٢٩٥٢ ٢٩٥٥ ٢٩٥٨ ٢٩٦١ ٢٩٦٤ ٢٩٦٧ ٢٩٧٠ ٢٩٧٣ ٢٩٧٦ ٢٩٧٩ ٢٩٨٢ ٢٩٨٥ ٢٩٨٨ ٢٩٩١ ٢٩٩٤ ٢٩٩٧ ٣٠٠٠ ٣٠٠٣ ٣٠٠٦ ٣٠٠٩ ٣٠١٢ ٣٠١٥ ٣٠١٨ ٣٠٢١ ٣٠٢٤ ٣٠٢٧ ٣٠٣٠ ٣٠٣٣ ٣٠٣٦ ٣٠٣٩ ٣٠٤٢ ٣٠٤٥ ٣٠٤٨ ٣٠٥١ ٣٠٥٤ ٣٠٥٧ ٣٠٦٠ ٣٠٦٣ ٣٠٦٦ ٣٠٦٩ ٣٠٧٢ ٣٠٧٥ ٣٠٧٨ ٣٠٨١ ٣٠٨٤ ٣٠٨٧ ٣٠٩٠ ٣٠٩٣ ٣٠٩٦ ٣٠٩٩ ٣١٠٢ ٣١٠٥ ٣١٠٨ ٣١١١ ٣١١٤ ٣١١٧ ٣١٢٠ ٣١٢٣ ٣١٢٦ ٣١٢٩ ٣١٣٢ ٣١٣٥ ٣١٣٨ ٣١٤١ ٣١٤٤ ٣١٤٧ ٣١٥٠ ٣١٥٣ ٣١٥٦ ٣١٥٩ ٣١٦٢ ٣١٦٥ ٣١٦٨ ٣١٧١ ٣١٧٤ ٣١٧٧ ٣١٨٠ ٣١٨٣ ٣١٨٦ ٣١٨٩ ٣١٩٢ ٣١٩٥ ٣١٩٨ ٣٢٠١ ٣٢٠٤ ٣٢٠٧ ٣٢١٠ ٣٢١٣ ٣٢١٦ ٣٢١٩ ٣٢٢٢ ٣٢٢٥ ٣٢٢٨ ٣٢٣١ ٣٢٣٤ ٣٢٣٧ ٣٢٤٠ ٣٢٤٣ ٣٢٤٦ ٣٢٤٩ ٣٢٥٢ ٣٢٥٥ ٣٢٥٨ ٣٢٦١ ٣٢٦٤ ٣٢٦٧ ٣٢٧٠ ٣٢٧٣ ٣٢٧٦ ٣٢٧٩ ٣٢٨٢ ٣٢٨٥ ٣٢٨٨ ٣٢٩١ ٣٢٩٤ ٣٢٩٧ ٣٣٠٠ ٣٣٠٣ ٣٣٠٦ ٣٣٠٩ ٣٣١٢ ٣٣١٥ ٣٣١٨ ٣٣٢١ ٣٣٢٤ ٣٣٢٧ ٣٣٣٠ ٣٣٣٣ ٣٣٣٦ ٣٣٣٩ ٣٣٤٢ ٣٣٤٥ ٣٣٤٨ ٣٣٥١ ٣٣٥٤ ٣٣٥٧ ٣٣٦٠ ٣٣٦٣ ٣٣٦٦ ٣٣٦٩ ٣٣٧٢ ٣٣٧٥ ٣٣٧٨ ٣٣٨١ ٣٣٨٤ ٣٣٨٧ ٣٣٩٠ ٣٣٩٣ ٣٣٩٦ ٣٣٩٩ ٣٤٠٢ ٣٤٠٥ ٣٤٠٨ ٣٤١١ ٣٤١٤ ٣٤١٧ ٣٤٢٠ ٣٤٢٣ ٣٤٢٦ ٣٤٢٩ ٣٤٣٢ ٣٤٣٥ ٣٤٣٨ ٣٤٤١ ٣٤٤٤ ٣٤٤٧ ٣٤٥٠ ٣٤٥٣ ٣٤٥٦ ٣٤٥٩ ٣٤٦٢ ٣٤٦٥ ٣٤٦٨ ٣٤٧١ ٣٤٧٤ ٣٤٧٧ ٣٤٨٠ ٣٤٨٣ ٣٤٨٦ ٣٤٨٩ ٣٤٩٢ ٣٤٩٥ ٣٤٩٨ ٣٥٠١ ٣٥٠٤ ٣٥٠٧ ٣٥١٠ ٣٥١٣ ٣٥١٦ ٣٥١٩ ٣٥٢٢ ٣٥٢٥ ٣٥٢٨ ٣٥٣١ ٣٥٣٤ ٣٥٣٧ ٣٥٤٠ ٣٥٤٣ ٣٥٤٦ ٣٥٤٩ ٣٥٥٢ ٣٥٥٥ ٣٥٥٨ ٣٥٦١ ٣٥٦٤ ٣٥٦٧ ٣٥٧٠ ٣٥٧٣ ٣٥٧٦ ٣٥٧٩ ٣٥٨٢ ٣٥٨٥ ٣٥٨٨ ٣٥٩١ ٣٥٩٤ ٣٥٩٧ ٣٦٠٠ ٣٦٠٣ ٣٦٠٦ ٣٦٠٩ ٣٦١٢ ٣٦١٥ ٣٦١٨ ٣٦٢١ ٣٦٢٤ ٣٦٢٧ ٣٦٣٠ ٣٦٣٣ ٣٦٣٦ ٣٦٣٩ ٣٦٤٢ ٣٦٤٥ ٣٦٤٨ ٣٦٥١ ٣٦٥٤ ٣٦٥٧ ٣٦٦٠ ٣٦٦٣ ٣٦٦٦ ٣٦٦٩ ٣٦٧٢ ٣٦٧٥ ٣٦٧٨ ٣٦٨١ ٣٦٨٤ ٣٦٨٧ ٣٦٩٠ ٣٦٩٣ ٣٦٩٦ ٣٦٩٩ ٣٧٠٢ ٣٧٠٥ ٣٧٠٨ ٣٧١١ ٣٧١٤ ٣٧١٧ ٣٧٢٠ ٣٧٢٣ ٣٧٢٦ ٣٧٢٩ ٣٧٣٢ ٣٧٣٥ ٣٧٣٨ ٣٧٤١ ٣٧٤٤ ٣٧٤٧ ٣٧٥٠ ٣٧٥٣ ٣٧٥٦ ٣٧٥٩ ٣٧٦٢ ٣٧٦٥ ٣٧٦٨ ٣٧٧١ ٣٧٧٤ ٣٧٧٧ ٣٧٨٠ ٣٧٨٣ ٣٧٨٦ ٣٧٨٩ ٣٧٩٢ ٣٧٩٥ ٣٧٩٨ ٣٨٠١ ٣٨٠٤ ٣٨٠٧ ٣٨١٠ ٣٨١٣ ٣٨١٦ ٣٨١٩ ٣٨٢٢ ٣٨٢٥ ٣٨٢٨ ٣٨٣١ ٣٨٣٤ ٣٨٣٧ ٣٨٤٠ ٣٨٤٣ ٣٨٤٦ ٣٨٤٩ ٣٨٥٢ ٣٨٥٥ ٣٨٥٨ ٣٨٦١ ٣٨٦٤ ٣٨٦٧ ٣٨٧٠ ٣٨٧٣ ٣٨٧٦ ٣٨٧٩ ٣٨٨٢ ٣٨٨٥ ٣٨٨٨ ٣٨٩١ ٣٨٩٤ ٣٨٩٧ ٣٩٠٠ ٣٩٠٣ ٣٩٠٦ ٣٩٠٩ ٣٩١٢ ٣٩١٥ ٣٩١٨ ٣٩٢١ ٣٩٢٤ ٣٩٢٧ ٣٩٣٠ ٣٩٣٣ ٣٩٣٦ ٣٩٣٩ ٣٩٤٢ ٣٩٤٥ ٣٩٤٨ ٣٩٥١ ٣٩٥٤ ٣٩٥٧ ٣٩٦٠ ٣٩٦٣ ٣٩٦٦ ٣٩٦٩ ٣٩٧٢ ٣٩٧٥ ٣٩٧٨ ٣٩٨١ ٣٩٨٤ ٣٩٨٧ ٣٩٩٠ ٣٩٩٣ ٣٩٩٦ ٣٩٩٩ ٤٠٠٢ ٤٠٠٥ ٤٠٠٨ ٤٠١١ ٤٠١٤ ٤٠١٧ ٤٠٢٠ ٤٠٢٣ ٤٠٢٦ ٤٠٢٩ ٤٠٣٢ ٤٠٣٥ ٤٠٣٨ ٤٠٤١ ٤٠٤٤ ٤٠٤٧ ٤٠٥٠ ٤٠٥٣ ٤٠٥٦ ٤٠٥٩ ٤٠٦٢ ٤٠٦٥ ٤٠٦٨ ٤٠٧١ ٤٠٧٤ ٤٠٧٧ ٤٠٨٠ ٤٠٨٣ ٤٠٨٦ ٤٠٨٩ ٤٠٩٢ ٤٠٩٥ ٤٠٩٨ ٤١٠١ ٤١٠٤ ٤١٠٧ ٤١١٠ ٤١١٣ ٤١١٦ ٤١١٩ ٤١٢٢ ٤١٢٥ ٤١٢٨ ٤١٣١ ٤١٣٤ ٤١٣٧ ٤١٤٠ ٤١٤٣ ٤١٤٦ ٤١٤٩ ٤١٥٢ ٤١٥٥ ٤١٥٨ ٤١٦١ ٤١٦٤ ٤١٦٧ ٤١٧٠ ٤١٧٣ ٤١٧٦ ٤١٧٩ ٤١٨٢ ٤١٨٥ ٤١٨٨ ٤١٩١ ٤١٩٤ ٤١٩٧ ٤٢٠٠ ٤٢٠٣ ٤٢٠٦ ٤٢٠٩ ٤٢١٢ ٤٢١٥ ٤٢١٨ ٤٢٢١ ٤٢٢٤ ٤٢٢٧ ٤٢٣٠ ٤٢٣٣ ٤٢٣٦ ٤٢٣٩ ٤٢٤٢ ٤٢٤٥ ٤٢٤٨ ٤٢٥١ ٤٢٥٤ ٤٢٥٧ ٤٢٦٠ ٤٢٦٣ ٤٢٦٦ ٤٢٦٩ ٤٢٧٢ ٤٢٧٥ ٤٢٧٨ ٤٢٨١ ٤٢٨٤ ٤٢٨٧ ٤٢٩٠ ٤٢٩٣ ٤٢٩٦ ٤٢٩٩ ٤٣٠٢ ٤٣٠٥

الافرنج على سلم معلوم عام عينوا لالحان سلم معين هذه الحروف
 الافرنجية السبعة $A B C D E F G$. واجوبتها وقراراتها التالية
 يدل عليها بهذه الحروف نفسها باعداد تكتب عن يمينها لكي تميزها
 عنها فجواب A التالي يكتب هكذا A_2 وجواب الجواب هكذا A_3
 وقرار A التالي يكتب هكذا A_1 وهلم جرا والسلم الاعنيادي الطبيعي
 يكون اوله D وعند C وثانيه A عند D الخ . وقد قسموا مسافات
 درجات السلم الى انصاف درجات الاالدرجات بين مي وفا
 وبين تي ودو لصغر المسافتين طبعاً . وذلك لكي يتبدأ بالسلم من
 اي درجة تراد ويجعل نصف فسحة بين مي وفا وبين تي ودو
 حيثما وقعا . وكل ذلك يتضح لك من النظر الى السلم المدلول
 عليه في (شكل ١٥٤)

٢٩٥ ثم من ملاحظة سلسلة الاعداد المرقومة يظهر ان
 البرج الثامن ضعف الاول في العلو فتتفق اهتزازات الواحد مع
 اهتزازات الاخر في كل لحظة اي اذا اهتز وتر الاول اهتزازة واحدة
 في لحظة يهتز وتر الثاني اثنتين في لحظة مثلها فاذا نقرنا على الاثنين
 معاً يتفقان في كل لحظة . وهنا نرى سبب كون اجتماعهما في الالات
 او في الصوت الانساني يظرب الاذن او الانتقال من احدها
 للآخر كذلك وهذا ما يسميه ارباب فن الغناء بموافقة الاصوات .

وقد سمي موسيقيو العرب البرج الثامن جواباً للاول لهذا السبب
عينه وسموا الاول قراراً لكونهم بعد الانتقال منه الى ابراج معلومة
رجعوا وقرؤا عليه اذا استحسنوا ذلك في كل انغامهم. واذا اراد المغني
ان ينقل في الصوت بعد نهاية السلم فيغني سلماً آخر تجري نسبة الابراج
الى بعضها مجرى النسبة الاولى. غير ان الابراج في الرتبة الثانية والفروق
بين كل اثنين متوالين فيها مضاعف ما يقابله من الابراج
والفروق في الرتبة الاولى ثم في الرتبة الثالثة اربع مرات الاولى وهلم
جراً. ولكن كل مغني اذا ابتدا باخفض صوت لا يمكنه ان يرتقي
الى اكثر من رتبتين ولو برجاً واحداً الا بكل عنف. وانما صوت
النساء يبتدي من الرتبة الثانية لصوت الرجال ويرتقي رتبة اعظم
من الرتبة الثانية لصوت الرجال فالصوت الانساني لا يرتقي اكثر
من ثلاث رتب باعتبار الرجال والنساء معاً. ويحسب كل برج
عند العرب من طبقة قراراً لنظيره من الطبقة التي فوقها والنظير
جواباً والجواب ضعف القرار ابداً كما سبق

٢٩٦ اما اسماء الابراج لطبقتين عند العرب فهي يكاه عَشيران
عراق رست دو كاه سيكاه جهار كاه نوى حسيني اوج ماهور محير
بزر كاه ماهوران رمل توتي. فالنوى جواب اليكاه والرمل توتي جواب
النوى والحسيني جواب العَشيران وهلم جراً. وليست النسبة

بينها نفس النسبة بين ابراج السلم الاقربني المذكور سابقاً. فجعلوا الفرق بين الاول والثاني الذي فوقه اربعة من اربعة وعشرين يسمونها ارباعاً وكذا بين الرابع والخامس وبين السابع والثامن. وجعلوا بين الثاني والثالث ثلاثة ارباع وكذا بين الثالث والرابع وبين الخامس والسادس وبين السادس والسابع فتكون جملة الجميع اي الفرق بين الاول والثامن اربعة وعشرين ربعاً

والمرجح ان السلم الاقربني هو الاسهل مراساً لكونه يجري على الاصوات الطبيعية ويمكن ان تنضبط عليه جميع اغاني الشعوب غير ان الذوق العربي يستحسن اغاني العرب على اغاني الاقربنج

٢٩٧ انه اذا اجتمع صوتان من برج واحد يحصل اتفاق تام بينهما لكون عدد الاهتزازات متساوية في اوقات متساوية فيتفقان في كل اهتزازة واحدة ثم اذا اجتمع البرج الاول الذي هو ذو من الطبقة الاولى مع البرج الثامن الذي هو ذو اول الطبقة الثانية يتوافقان ايضاً بحيث كل اهتزازتين من البرج الاعلى ينتهيان في نهاية اهتزازة واحدة من الادنى. فاذا غنى شخصان كل منهما برجاً بصوتها او على آلة تسمع لها رنة وتستحسن الاذن اجتماعهما. وذلك ناتج عن الاتفاق في اقل عدد من الاهتزازات لانه كلما يهتز البرج الواحد في الرتبة الدنيا اهتزازة

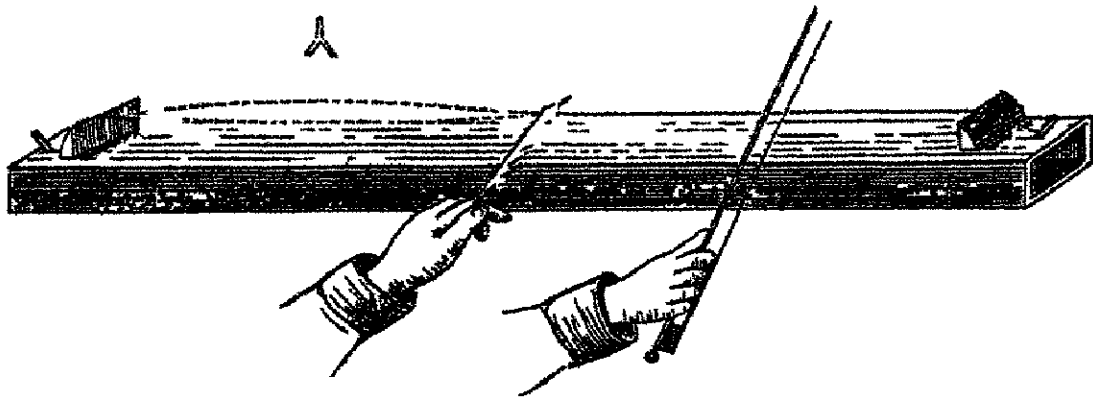
يهتز الاخر اثنتين فيتفقان في اخر كل اهتزازتين وذلك اقل ما يكون فوق الواحد . ثم ان دو مع سول يتفقان في كل ثلاث اهتزازات واجتماعها اقل استحساناً عند الاذن من اجتماع البرج الاول مع الثامن وهكذا كلما زاد عدد الاهتزازات التي يتفق عند نهايتها برجان اذا اجتمعا تفقد الاذن لذة اجتماعها . وكلام كثير بشأن السلم والانغام نعرض عن ذكره لكونه يتعلق بعلم الغناء

الفصل الخامس

في عقد الاهتزاز

٢٩٨ اذا القينا ريشة على منتصف وتر مشدود على خشبة مستطيلة (شكل ١٥٥) وجردنا قوس كمنجة على نصف واحد منه نسمع جواباً للقرار الذي للوتر من اهتزاز النصف الاخر ممزوجاً مع القرار . وذلك دليل على ان النصف الواحد الذي لم تُجر عليه القوس يهتز بذاته . ويظهر ذلك واضحاً بدليل آخر وهو انه اذا وضع راكب مثل رمن ورق احمر على وسط النصف المذكور يهتز ويرتفع . فهذا الوتر قد انقسم عند اهتزازهِ الى قسمين

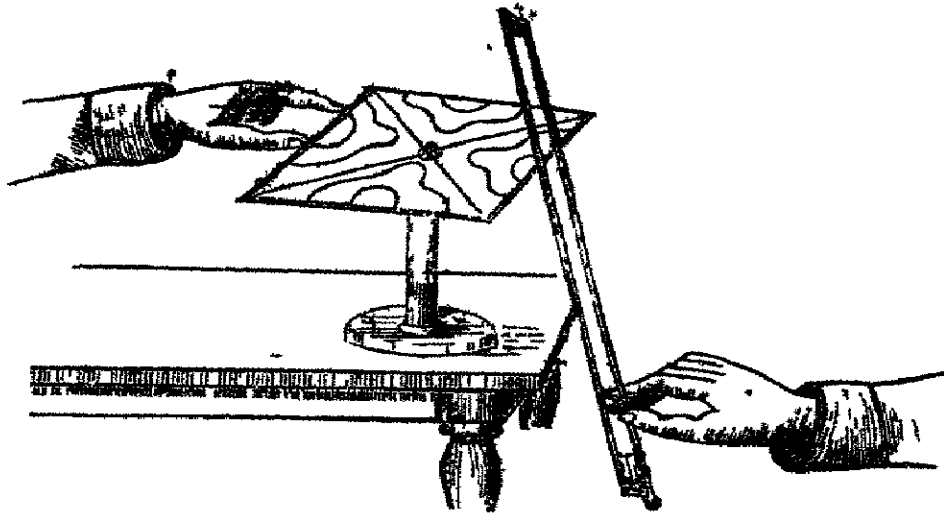
بعقدة الاهتزاز وفي النقطة حيث تمس الريشة الوتر . وإذا أقيت
شكل ١٥٥



الريشة على ثلث الوتر وجرت القوس عليه فان الثلثين الباقيين
ينقسمان الى قسمين بنقطة عقدة الاهتزاز في منتصف الثلثين .
وإذا أقيت على بعد ربع الوتر فالثلثة الارباع الباقية تنقسم الى ثلاثة
اقسام متساوية بعقدتين وهلم جرا . ويعرف ذلك من الراكب
فانه يهدا عند نقطة الاهتزاز ويقهر بينها

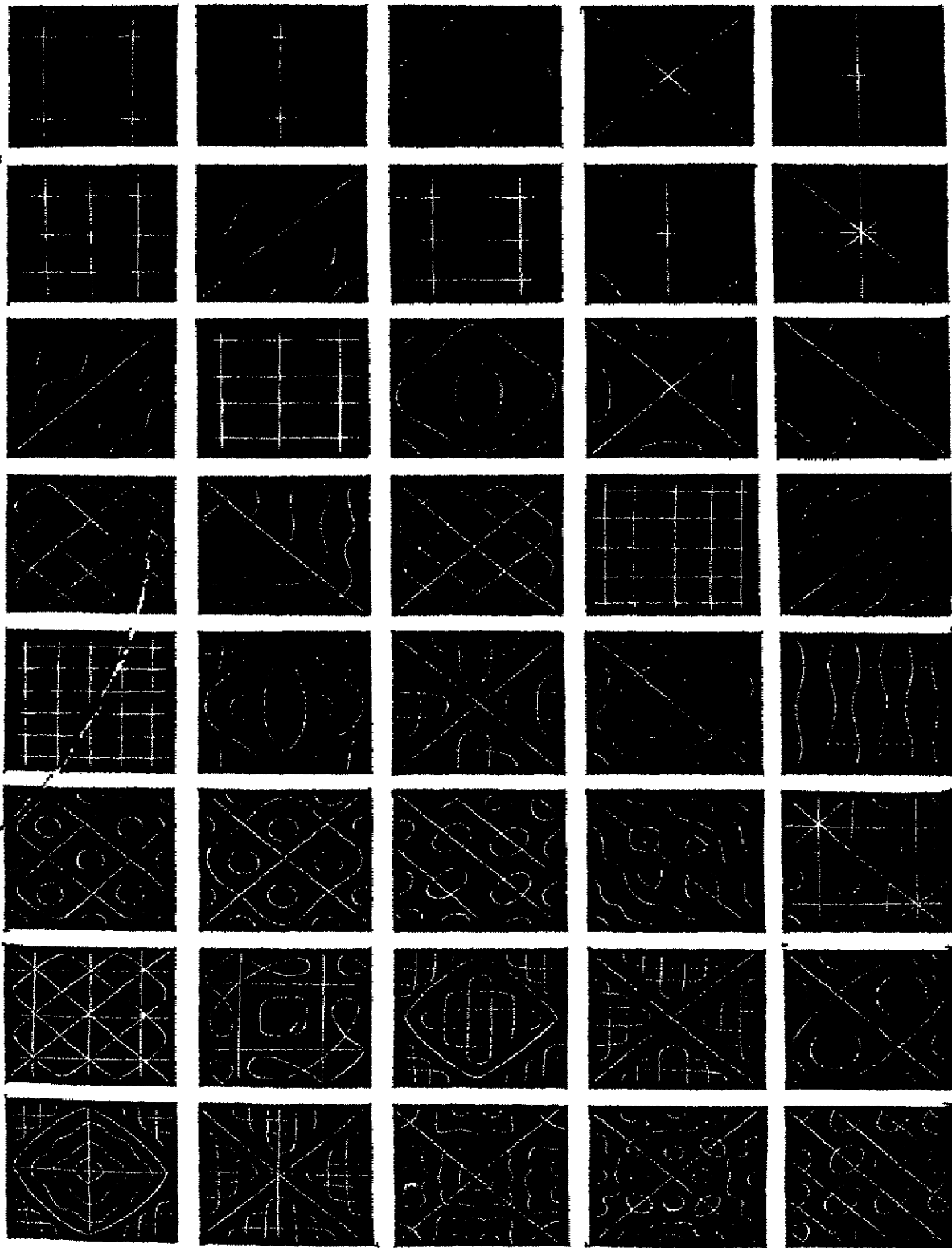
٢٩٩ ثم انه في السطوح المصوّنة تحصل عقد اهتزاز ايضا فاذا
وضعنا اليد كما في (شكل ١٥٦) على صفيحة من معدن ممكنة على
عمود عند مركزها مرشوش عليها رمل وجربنا قوسا على حرفها
المقابل للذي عليه اليد فالرمل يتجمع حالا الى خطوط منتظمة
انتظاما جميلا كما يرى في (شكل ١٥٦) ومنها يستدل على ان
السطح المهتز اجزأه الواقعة عند تلك الخطوط مستقرة لانه لم

شكل ١٥٦



ينقل الرمل عنها وقد تطاير مبتعداً عن الاجزاء المهتزة بين الخطوط .
 وباختلاف وضع الابهام والسبابة على الصفحة تختلف خطوط
 الرمل وتفصل اجزاء مختلفة من سطحها وتحصل من ذلك صور
 شتى متنوعة . والخطوط التي تفصل بين تلك الاجزاء تسمى
 بالخطوط العقدية . وهنا نضع بعض اشكالها

شكل ١٥٧



الباب السابع

في الكهربية وفيه مقدمة وتسعة عشر فصلاً

المقدمة

في تاريخ معرفة الكهربية

٢٠٠ الكهربية قسم من الفلسفة يبحث فيه عن الكهربية وهي سبيل خفي كما من في جميع الاجسام يظهر على بعضها كالكهربية بالفرك اكثر مما يظهر على البعض الآخر. ويعرف وجوده من مفاعيله كجذب اجسام صغيرة خفيفة كالهباء والنخوط الدقيقة وكهزة الاجسام الحيوانية وغير ذلك. وقبل الشروع في البحث عن هذا الموضوع يحسن ان نلفت قليلاً الى تاريخ معرفة السبيل الكهربي عند الطبيعيين فنقول. ان اول من قيل انه لاحظ الكهربية الملبية الذي نشأ سنة ٦٠٠ ق م ونسبته الى مفاعيل حيوان خفي. وتيوفراستوس المؤرخ الطبيعي الذي نشأ سنة ٢٠٠ ق م يذكر حجراً يسمى لينكور يوم وأنه له خصائص الجاذبية كالكهربية.

فيظهر ان فلاسفة اليونان القدماء كانوا يعرفون هذه الحقيقة وهي
ان الكهرباء اذا فُرِكت تصير لها خاصية جذب الاجسام الخفيفة
ولم يكتشفوا ذلك في غير الكهرباء مع انه توجد في غيرها هذه
الخاصية كما سيأتي. ولكن هذه القوة ظهرت اولاً في الكهرباء سميت
بالكهربائية. والظاهر انه لم يعرف اكثر من ذلك عن السيل
الكهربائي عند القدماء ولم يضاف الى ما عرفوه شيئاً مدة ١٩ جيلاً
الى ان قام المعلم كلبرت فيلسوف انكليزي سنة ١٦٠٠ ق م
واشهر تاليفاً في المغناطيس حاوياً ايضاً ملاحظات عديدة عن
الكهربائية. وإنما لم يعرف المعلم المذكور شيئاً عن افعالها سوى
المجاذبية. ومن ذلك الوقت الى اواخر الجيل السادس عشر
لم يزد شيٌ يُعَبَّأ به على معرفة كلبرت في الكهرباء الا قليلاً حتى
فتحت مدرسة كلية في باريس وعُقدت الجمعية الرويلية (اي المتبعة)
للعلوم في لندن. ومن ثمَّ صارت عند العلماء غير فائقة لتمام
تجربات فلسفية. فاكتشف العلامة بويل الانكليزي الذي ظهر
سنة ١٦٧٠ عدة حقائق مفيدة في الكهرباء. والفيلسوف اوطو
كيوريكي النمساوي المعاصر لبويل والمخترع طلمبا الهوائي اصطنع
آلة الكهرباء الاولى اذا استعمل كرة من كبريت عوض اسطوانة
الزجاج المستعملة الآن

فقد تخرج من جسم كهربي
 بالبرق والحدود والكهربائية بعلامات الخشب وجبرها يقال انه
 الجسم الذي لا يظفر جسم . فاذا اظهر جسم
 من الكهرباء والصوف تكسب خاصية جذب الاجسام الخفيفة
 وجودها هو الخشب . فاذا فركت انبوبة من زجاج بقماش ناعمة
 على الكهرباء التي تستدل منه جازا على
 ٢٠١

في اصطلاحات كهربية وبعض انواع الكهرباء

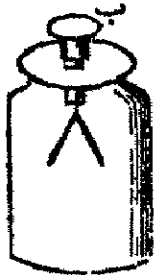
الفصل الاول

ومنه من ذهب مذهب الثاني
 علماء هذا الفن في انواع مذهبهم من ذهب مذهب الاول
 الاخيرين اختلف مذهب عن الاخر في هذا الشأن . وقد اختلف
 من هؤلاء اكتشف عدة امور مهمة تتعلق بالكهربائية . وكل من
 ذلك كراي في انكسار ودوافي في فريزافوسا في انكسار في اميركا . وكل
 التي فيها صارت اكثر اكتشافات . وكان اعظم اشتراكا في
 وانا المستون سنة الاولى من القرن الثالث عشر في السنون

الكرة الواحدة من الاخرى تدافعان

٣٠٣ الكترومتر ورق الذهب . من انواع الالكترومتر ايضا ما

يسمى الكترومتر ورق الذهب كما يدل عليه شكل ١٥٩



(شكل ١٥٩) وهو مولف من رقتين رقيقتين جدًا

من ذهب معلقين بغطاء معدني لقنبنة زجاج

منفصلتين احدهما عن الاخرى بواسطة الهواء .

والكهربائية والحالة هذه تحمل اليها بسهولة بتفريب

جسم مكهرب من الغطاء عذب . فاقتراب الجسم المكهرب يجعل الورقتين ان

تبتاعدان وان تتقاربا اذا كانتا مبتعدتين سابقا بنوع اخر من الكهربائية

بموجب القوانين التي سبقتها

٣٠٤ ميزان القتل . هذه الالة اخترعها العلامة كولب وهي تفوق

سائر انواع الالكترومتر في تحقيق قياس قوات الكهربائية الطفيفة . وقد

استخدم المخترع المرقوم هذه الالة في المباحث الدقيقة عن غوامض نواميس

الكهربائية فوضح بها عدة حقائق بامتحانات مدققة وسترى شكلها

اذا تعلق بشرطة رقيقة طويلة ثقل فبرونة فتلها قوة لطيفة جدًا

فاستخدامها لقياس قوات اخر ضعيفة يكون بغاية المناسبة . وقد عرف بالاختبار

انه اذا قُتِلت شريطة كهذه في زوايا مختلفة فقوة القتل تختلف كزاوية القتل

ولذلك نقاس بها وقياسها قياس القوة الموازنة لها . فالتوصل الى ذاك الى

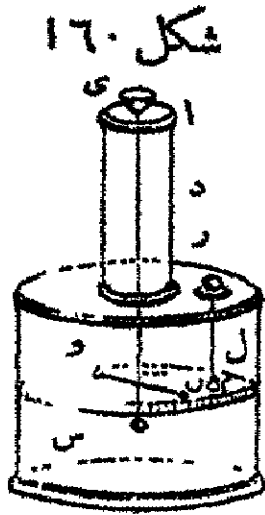
قياس القوة التي توازن قوة القتل امر سهل

اما ميزان القتل فيدل عليه (شكل ١٦٠) . فان ابرة اللك ن ومعلقة

بشرطة دقيقة متصلة بمسكة صغيرة مدملكة الراس مركزة في وسط القرص

ي ثابتة فيه على اعلى الانبوبة د . وهذا القرص محيطه مقسوم الى درجات

وهو منتقل يدار عند الارادة بادارة المسكة بين الابهام والسبابة ولكن قوة



الفرك تبقى ثابتاً مع دوران ابرة اللك اذ لا تؤثر فيها قوة الفتل . وعند طرف ابرة اللك قرص صغير من رق نحاس ن بجانب كرة مذهبة م متصلة بالمسكة ر بواسطة القضيب الزجاج ل المتقل المعلق عند ر بالغطاء الزجاجي للوعاء الاسطواناني الزجاجي ب ح الذي تتركز على غطاءه ايضاً الانبوبة د وحول الوعاء الاسطواناني الدائرة س في سطح الابر مقسومة الى درجات تقابل درجات ي وصفها عند م وصفري عند ا حيث يوضع مدقق

٢٠٥ من هذه الآلة يتبرهن بالتجربة ان قوة الكهرباء تختلف بالقلب كربع البعد

ليرتب ميزان الفتل (شكل ١٦٠) بادارة مسكة القرص ي حتى يمس القرص ن الكرة م ويقع عند صفرا اذ تكون الشريطة على حالها الطبيعي غير منتولة وصفري عند صفرا المدقق ايضاً . وليؤتى بامتلاء كهربائي طفيف على م بتقريبها من موصل الة كهربائية فيبعد ان تتكهرب ن من كهربائية م تدفع الثانية الاولى وتجعلها بعد خطرات قليلة ان تستقر عند بعد معلوم نفرضه 26° مثلاً . ثم لندار الدائرة ي في الجهة المتقابلة حتى تصير الابر عند بعد 18° من الكرة م . فنرى انه لكي تصير الابر عند هذا البعد قد اقتضى الامر ان يبعد الصفر عن المدقق 126° . ولانه بين الصفر والمدقق 126° على الدائرة ي وبين الصفر ون 18° على الدائرة س وقد كان الصفر على الصفر فكل زاوية الفتل يجمعها تكون 144° وهي قياس القوة عند 18° وذلك قسمة اربعة اضعاف الزاوية 26° فينتج انه على نصف البعد

تصير قوة الكهربائية اربعة اضعاف ما كانت على البعد الاصلي . وهكذا يبين
انه على ثلث البعد تصير القوة تسعة اضعاف وهلمّ جرّاً . فتقوة الكهربائية
بالقلب كربع البعد

الفصل الثاني

في خصائص الكهربائية

٢٠٦ انه بمساعدة الالكترومتر نتوصل الى الخصائص الآتية
للكهربائية وهي أولاً ان الكهرباء تظهر بفرك الاجسام
ومع ان الفرك هو الوسيلة الأكثر استعمالاً لتنهيج الاجسام فليس هو
الوسيلة الوحيدة لذلك . فتظهر الكهرباء عند تغير الاجسام من حال الى
حال كتغيرها من السبولة الى الجهدودة ومن البخارية الى التكاثف . وبعض
الاجسام تنهيج مجرد الضغط واخري بتماس او انفصال سطوح مختلفة . وأكثر
التراكيب والتحليلات الكيميائية تكون مصحوبة ايضاً بظهور الكهرباء التي
يظهر وجودها من مقياس الكهرباء . فاذا فركنا قطعة من كهرباء او شمع
احمر او مادة اخرى راتنجية برفعة من صوف او فرو او حرير وقربناها من
الالكترومتر تظهر اشارات الكهربائية . وانبوبة زجاج تنهيج ايضاً على هذا
الاسلوب . واذا قربنا الانبوبة المهيجة الى الوجه فتكون ملاستها مشابهة
للملامسة نسج العنكبوت . واذا هيئت الانبوبة نهيجاً قوياً تظهر شرارة مصحوبة
بصوت الطقطقة اذا قربت من عقدة الاصبع . وطلحية من ورق ابيض اذا
نشفت أولاً على النار ثم وضعت على مائدة وفركت بالصمغ الهندي الذي يقال

١٤ عند العامة لسنيك تهيج جدًا حتى تلتصق بجائط او بسطح اخر قربت اليه .
وفي احوال كثيرة تنج الكهرباء عن الفك حتى انه في طقس صاف يظهر
السيال بكثرة عند ما تُبرش الثياب فتجذب الهباء الرفيع العائم في الهواء
تنبيه . قد قررنا ان الكهرباء تحصل من فرك كل الاجسام على انه
لو مسكنا في يدنا مادة معدنية كصفحة من نحاس او جديد مثلاً وفركناها
فلا نشعر بادني علامة تدل على نهيج كهربائي . وانما في حال كهذه الكهرباء
يتمتع تجمعها بداعي كون المادة موصلًا جيدًا فيجعل السيل الى اليد ولكن
اليد موصلًا جيدًا بمنزلة السيل عليها حالاً فلا يظهر له اثر . ولكن اذا فصلنا
جسمًا معدنيًا او مادة اخرى موصلة بفركها حينئذ تعطي علامات الكهرباء
كاجسام اخر كهربائية

٢٠٧ ثانيًا الكهرباء نوعان زجاجية وراتنجية فالاولى تظهر
بتهيج الزجاج او اجسام اخر يظهر عليها هذا النوع والثانية بتهيج
المواد الراتنجية وخلافها . ويقال ايضًا للاولى ايجابية وللأخرى
سلبية

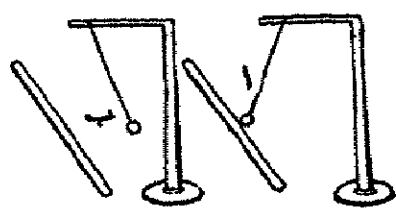
وأختلف في ايضاح كيفيتهما فذهب المعلم دوقاي ان افعال الكهرباء
تنسب الى قوتي سيالين كل منهما يتنازع عن الآخر ويخترقان كل الاجسام .
وان هذين السيلين يكونان مزوجين في الاجسام غير المكهربة واحدهما يحق
قوة الاخر . وانه بتفريق السيلين تتكهرب الاجسام وباتحادها ثانية تنفرغ
الكهربائية او يبطل كونها مهيجة . اما مذهب فرانكلن فهو ان افعال الكهرباء
ناجمة عن قوة سيال واحد يخترق كل الاجسام ويوجد فيها طبيعيًا بحالة
الموازنة . وانه بزوال هذه الموازنة فقط يصير تتكهرب الاجسام وبرد الموازنة
تنفرغ الكهرباء او يبطل نهيج الاجسام . فتكهرب الجسم يكون بوجود كمية

من السيل فيه أكثر أو أقل من كميته الطبيعية وعلى الأول يتكهرب إيجاباً وعلى الثاني يتكهرب سلباً . فالكهربائية الموجبة إذا كثأت عن وفور السيل والسالبة عن نقصانه . ولا تتعرض الآن الى البحث عن أيها هو المرجح الى ان نذكر أفعال الكهربائية لكي يكون للتلميذ أساس يبنى عليه حكمته من هذا التليل

٣٠٨ ثالثاً الجسمان اللذان يتكهربان من نوعين مختلفين من الكهربائية يتجاذبان واللذان يتكهربان من نوع واحد يتدافعان

فإذا تكهربت كرة من لب السيسبان او كوكبة من قطن بغيريها من انبوبة زجاج تجذب اليها أولاً لكون جنس كهربائية كل منها ينافي الآخر . ثم اذا يتكهربان من جنس واحد وهو الكهربائية الزجاجية تندفع حالاً كرة اللب عن الانبوبة وعن سائر الاجسام المكتسبة هذا النوع من الكهربائية اذا تجذب بكهربائية الشمع الاحمر او سائر الاجسام التي تظهر الكهربائية الراتنجية

واذا مسكت خصلة من شعر رفيع من الطرف الواحد وبرشت ببرش جاف من الطرف الاخر فخصلة الشعر تتكهرب وكل شعرة منها تدفع الاخرى . ومثل ذلك كرتان من لب او جسمان اخران خفيفان منفصلان يتدافعان اذا تكربيا من نوع واحد ويتجاذبان اذا تكربيا من نوعين مختلفين . ويتضح ذلك من النظر الى (شكل ١٦١)



شكل ١٦١

فان كرة اللب تدنو من انبوبة الزجاج المفروكة برقعة من صوف او حرير كما يرى عند اثم بعد ذلك تندفع عنها بسرعة كما يرى عند ب . واذا قرب الى الكرة الصغيرة بعد ان تكون

اخذت الكهربائية الزجاجية جسم راتنجي مهيج تجذب اليه
ومن ذلك يسهل علينا ان نتحقق نوع الكهربائية على جسم مكهرب ان
كانت زجاجية او راتنجية . لانه اذا يكون قد تكهرب الالكترومتر بزجاجية
مهيجة فكل الاجسام المهيجة حيثئذ التي تجذب الكرة تكون كهربائيتها راتنجية
والتي تدفعها كهربائيتها زجاجية

٣٠٩ رابعاً نوعا الكهربائية المذكوران سابقاً في القضية
الثالثة يحصلان عند الفرك في وقت واحد النوع الواحد في
الجسم المفروك والآخر في الفارك

اذا فركنا انبوبة زجاج مثلاً بفماش من صوف او حرير يتكهرب الزجاج
ايجاباً والفماش سلباً . وهذا الحكم صحيح عموماً ولكن نوع الكهربائية الذي
يكتسبه كل جسم يتوقف على المادة التي يفرك عليها . فاذا فركنا فماش
صوف جاف على زجاج مالمس يكتسب الاول الراتنجية والثاني الزجاجية
ولكن اذا فركنا الفماش المذكور على زجاج خشن يتكهرب ايجاباً اذا يتكهرب
الزجاج سلباً ولجل صحة الامتحان يقتضي ان الفماش ينفصل بمسكة من زجاج .
والقائمة الآتية تحتوي عدداً من المواد الكهربائية مرتبة على اسلوب انه اذا
فركت واحدة منها على اخرى فايتهما قبل الاخرى في هذه القائمة تتكهرب
ايجاباً والاخرى تتكهرب سلباً

١	فرواھر	٦	الورق
٢	الزجاج المالمس	٧	الحرير
٣	فماش الصوف	٨	صمغ البنيان
٤	الريش	٩	الزجاج الخشن
٥	الخشب	١٠	الكبريت

فاذا فرك فروهر على كل من الاجسام المذكورة في هذه القائمة يكتسب الكهربائية الزجاجية واما الكبريت فياخذ دائماً الكهرباء الراتنجية. والريش يصير سلباً اذا فرك على فروهر او الزجاج الاملس او قماش الصوف وايجاباً اذا فرك على الخشب او الورق او الحرير او صمغ البنيان او الزجاج الخشن او الكبريت وهلم جرا

٢١٠ خامساً الكهرباء تجناز على بعض الاجسام التي تسمى موصلة باعظم سهولة وعلى خلافها التي تسمى فاصلة باعظم صعوبة او لا تكاد تجناز فيها والاجسام الاخر لها قوة للاتصال بين كليهما المعادن والفحم والماء وكل السوائل ما عدا الزيوت هي موصلات جيدة. والشمع العسلي والشحم الذائبان ايضاً موصلان جيدان. ولكن اذا كان هذان جامدين فهما موصلان رديتان. والزجاج والراتنج والصمغ والشمع الاحمر والحرير والكبريت والحجارة الكريمة والاكاسيد وهي مركبات الاكسجين مع مواد اخرى وكل الغازات هي فاصلة اوردية الاتصال جداً. وهواء الجلد اذا كان جافاً هو اتم فاصل ولكنه يصير موصلاً اما بصيرورته رطباً او متلفاً. والسيال الكهربائي يخترق الخلاء الذي يحصل بالالة المفرغة او بانبوبة طورسلي بسهولة. وقد زعم بعضهم ان الكهرباء لا تجناز خلاء تاماً وعندهم ان فراغ طورسلي غير تام كفراغ الآلة المفرغة

٢١١ ثم ان قوات الاتصال لاكثر الاجسام تختلف باختلاف درجة الحرارة وايضاً باختلاف الهيئة فالماء في حالته الطبيعية موصل جيد ولكن قوة اتصاله تزداد بالحرارة وتنقص بالبرودة. والبخار والجليد كل منهما اقل قوة للاتصال من الماء العادي. والجليد تحت درجة ١٢° ف يصير كهربائياً او غير موصل بدرجة اتم. والتلج اذا كان بارداً او جافاً فهو موصل ردي.

وفي مدة نوه الثلج الجاف يصير الهواء غالباً كهربائياً
وكذلك الجسم نفسه قد تختلف قوته في الاتصال باختلاف حالته أو
تركيبه الكيميائي . مثالة العصا الخضراء موصلة وإنما العصا المشوية الجافة
غير موصلة والفحم موصل ولكن الرماد غير موصل
٢١٢ وعند الحصر لا تعرف جسمًا غير موصل للكهربائية مطلقاً .
وكذلك لا يوجد جنم قوة الاتصال فيه تامة . والقائمة الآتية يظهر فيها ترتيب
قوة الاتصال للأجسام اذ كان ترتيب وضعها بحسب ذلك

الأجسام الموصلة	الأجسام الفاصلة
المعادن	صمغ البنيان أو اللك والكهرباء والراتنج
الفحم	الكبريت
البلماجين	الشمع
الفحم المسحوق	الدهن
الماء الصافي	الزجاج والجواهر والمحارة الكريمة
الثلج	الخزير والصوف
النباتات الحية	الشعر والريش
الحيوانات الحية	هواء الجلد الجاف وغازات آخر
اللهيب والدخان والبخار	الخشب المشوي
الهواء الرطب	الصمغ الهندي أو المطاط

أما المعادن فائمتها وأقلها تأكسداً هو الأحسن كالذهب والبلاطين .
وأما الفحم فاحسنه ما يستحضر من الحطب الصلب كالسندجان المحرق
جيداً . أما البلماجين فهو نوع من المعادن وهو المعروف بالرصاص الأسود
الذي تصنع منه أقلام الرصاص . وأما الثلج فهو موصل جيد عند ما يكون
رطباً وردي ٢ عند ما يكون جافاً

ولاجل الحفظ في الدهن والتذكّار نقول ان المعادن والماء وكلّ المواد الرطبة والحيوانية كجسم الانسان والارض نفسها هي موصلة وانما الهواء الجاف وكل المواد الراتنجية والزجاجية هي فاصلة . وهذه المواد الاخيرة هي المعول عليها في عمل الامنحانات بالالات الكهربائية

٢١٢ سادساً قوة الفصل تختلف باختلاف حالة الجلد

والمواد المستعملة فواصل

فلا نرى كيف يتيسر حصر السيال الكهربائي لاجل تجميعه لو كان الهواء موصلاً . على انه اذا كان رطباً فليس يجيد للفصل . فالالات الكهربائية اذا لا تشتغل جيّداً في طقس ممطر او ذي سحاب او ضباب ما لم تُشَف رطوبة الهواء تنشيفاً صناعياً بتجهية غرفة ضابطة بواسطة نار حتى تصير في درجة عالية من الحرارة

صمغ البنيان وهو المعروف باللك المسحوب خيطاً دقيقاً هو اتم فاصل . وبالنسبة الى خيط الحرير قوّته عشرة اضعاف قوة الثاني في منع فقدان السيال . وانما خيط الحرير اذا كان جافاً تماماً هو من احسن الفواصل وحيث يقصد التدقيق يستعمل سلك من حرير خام اي غير مبيض . وقوته في الايصال تختلف نوعاً باختلاف لونه فالاسود هو الارداً والاصفر الذهبي هو اللون الاحسن للفصل . والزجاج يستعمل كثيراً فاصلاً وخصوصاً حينما يقتضي الامر قوة عظيمة كما في قوائم انواع مختلفة من الات الكهربائية . على ان الزجاج قابل لاكتساب الرطوبة على سطحه التي تقلل خاصية فصله وينزل هذا المحذور بتليسه بالدهون من خارج . والشعر الرفيع هو مادة جيدة ومناسبة للفصل في بعض الاحوال . وفي بعض الاحوال يحتاج الى خيوط موصلة فيستعمل حينئذ شرائط دقيقة من فضة او خيطان كتان تنقع قبل في مذوّب الملح وتجفف

٢١٤ سابعاً اذا تكهرب جسم فالكهربائية تستقر على سطحه
اذ تلتف عليه كغطاء رقيق. وتميل الى الهرب عنه حالما تجد مهرباً
على جسم موصل

ان اول من بين ذلك بالامتحان العلامة كولمب. فرگز كره من نحاس على
فاصل من زجاج كما يرى في (شكل ١٦٢) شكل ١٦٢



ثم اعد نصفين كره من نحاس مجوفين ينطبقان
على الكرة الاولى وفصلها بمسكني زجاج واذ
طبقها عليها قُرب هذه الآلة الى جسم مكهرب

وملاها من الكهربائية. ثم بعد إبعادها عنه فرّق حالاً بين نصفي الكرة
وقُرب كلاً منهما على حدة الى الالكترومتر فوجد أنّ كليهما قد تكهرب. ثم كرّر
العمل وقُرب الكرة منه فلم يجد عليها اثر الكهربائية بل كانت معدومة بالكليّة
فبتزع الغطاء الخارج عن الجسم قد زال كل جوهر من الكهربائية. فتبيّن من
ذلك ان الكهربائية كانت كلها على السطح

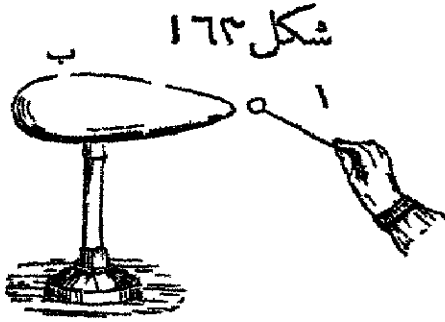
ولنا دليل آخر على صحة هذه القضية وهو انه اذا لامس جسماً مكهرباً
كرتان من معدن واحد ومقدار واحد احدها مصمتة والاخرى فارغة يتلي
كل منهما بكمية من السيلال الكهربائي تساوي كمية الآخر. فلو كان السيلال
يملا كل المادة الداخلة لتكهربت المصمتة اكثر من الفارغة

٢١٥ ثامناً توزيع الكهربائية على سطوح الاجسام يتوقف
على هيئتها. فاذا كان الجسم كروياً فالسيلال يتوزع عليه بالتساوي
واذا كان الجسم مستطيلاً مروساً تجتمع الكهربائية على راسه المروس
اكثر مما على اماكن اخرى من سطحه. وبالاجمال كلما زاد تحدّيب

خصائص الكهرباء

سطح الجسم أي قرب إلى الترويس يزداد تجمع الكهرباء عليه حتى تصبح قابلة للانفلات . وهذا دليل على أن الكهرباء تميل إلى التجمع على الأجزاء المروسة من الأجسام أو السير إلى جهتها والانفلات عنها

وذلك يتضح من النظر إلى هذا الشكل فإن ب هو جسم موصل للكهربائية



كالنحاس منفصل بعمود من زجاج مرتكز عليه . وا قضيب من شمع أحمر على رأسه ورقة مستديرة مبطنة بذهب أو خلافة يسي سطح البيان . فإذا قُرِبَ أ من أي نقطة كانت على

سطح كرة من نحاس مفصولة بزجاج كفصل ب ثم قُرِبَ من كرة لب السيسبان للالكترومتر المرسوم في رقم ٢٠٨ يرى أن قوة الكهرباء متساوية عند كل النقط من سطح الجسم إذ يكون فعلها على كرة اللب واحدًا أبدًا . ولكن إذا قُرِبَ أ من الجسم ب المستطيل المروّس في أجزاء مختلفة من سطحه يظهر أن فعل الكهرباء على كرة اللب مختلف وذلك ليس إلا لاختلاف كمية السيل الكهربائي على الأماكن المختلفة من سطح ب . وإن الكهرباء تجمّع عند رأس المروّس كما مرّ

أن القضايا المذكورة سابقًا تبين أكثرها بواسطة جمع الكهرباء بنهيج أجسام كهربائية بيانا ظاهرا ولكن لأجل إيضاحها بأجلى بيان وخصوصا لأجل إيضاح القضييتين السابعة والثامنة اللتين تقتضيان كمية وافرة من الكهرباء لأجل إيضاحها بالامتحان قد اصطنعوا آلات كبيرة لأجل جمع كمية وافرة من هذا السيل وسياقي بيانها

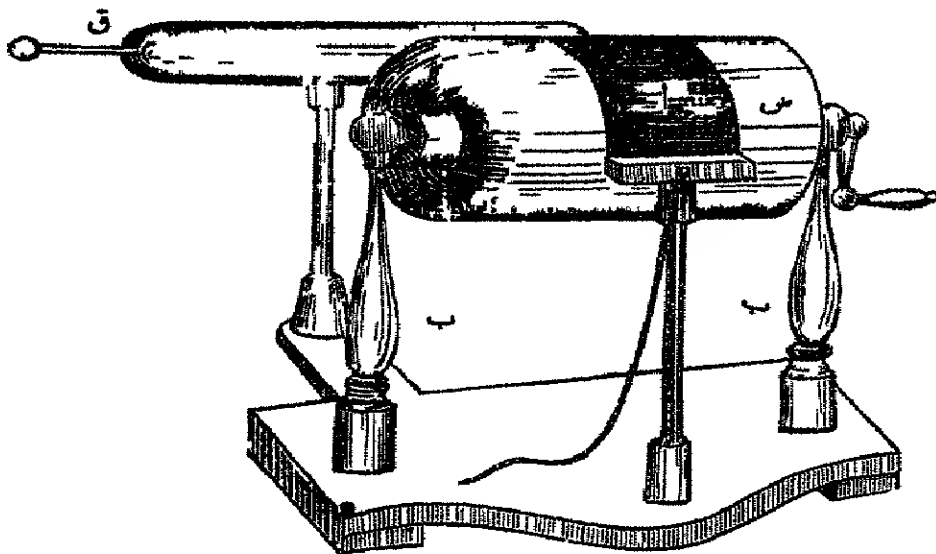
الفصل الثالث

في الآلة الكهربائية وظواهر الكهربائية بها

٢١٦ القصد في الآلة الكهربائية إنما هو جمع الكهرباء. ومن الآلات ما يجمع الكهرباء بالفرك وفيها كلامنا الآن وما يجمعها بواسطة أخرى وسياتي الكلام عليها. والاولى تصنع من اشكال كثيرة مختلفة لا حاجة لذكر جميعها وسندكر شكلين منها هما اقواها وافضلها. الاولى ما يقال لها ذات الاسطوانة والثانية ما يقال لها ذات القرص

فالآلة ذات الاسطوانة تُرى في (شكل ١٦٤). وإجزاء الخصوصية التي

شكل ١٦٤



تتركب منها هي الاسطوانة والقوائم والفارك والموصل الاعظم. فالاسطوانة س هي

من زجاج قطرها من ثماني قراريط الى اثني عشر وطولها من اثني عشر الى اربعة وعشرين قيراطاً . ويتقضي ان تكون اسطوانة تامة الاستدارة والآ فلا يكبس الفارك او الحشية على كل سطح الاسطوانة . ويتقضي ان تكون ملساء بقدر ما امكن لان الزجاج الخشن هو موصل نوعاً والزجاج الاملس فقط هو المناسب لجميع الكهرباء الموجبة . ويتقضي ان تترك الاسطوانة على الخشب جالسة مستقيمة بحيث تدور بدون ان ترنح لان الارتجاج يمنع دوام ملاستها للفارك . والقائمان ب ب مصوعنان من خشب ويتقضي ان يكون الخشب صلباً يابساً جداً وان يتوسى بالفرن وان يلبس بعد ذلك بدهون القرنيش . والقصد في كل ذلك تقليل قوته للايصال فيمنع فقدان الكهرباء من الاسطوانة . ويحسن ان تكون هذه القوائم من زجاج اذا لم تكن صعوبة في ذلك ولا يخشى كسرها . اما الفارك ا ويقال له ايضاً الحشية فمصنوع من حشية جلد محشية بشعر . وهو مغطى بقماش حرير اسود له هذب يمتد من الحشية فوق الاسطوانة الى بعد قيراط من النقط التي تقابل سنان الموصل الاعظم الذي ستكلم عنه . والفارك يدهن بمزيج من الزبيق والتوتيا والقصد بر يقال له ملغم وقد عرِف بالامتحان انه يجعل تهيماً كهربائياً قوياً جداً اذا فرك به على الزجاج . ويُفصل الفارك بوضعه على عمود من زجاج مصمت ويجعل ملتصقاً بالاسطوانة التصاقاً محكمًا بواسطة زنبرك يكبس عليه برغي

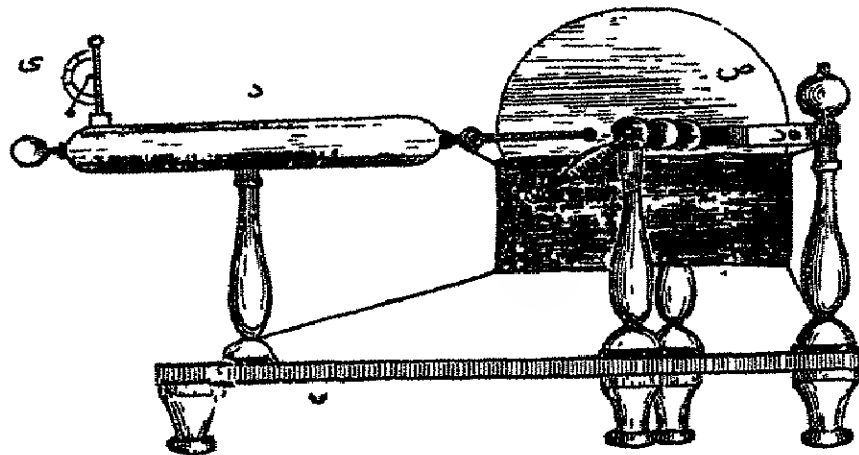
٢١٧ اما كيفية عمل الملغم فهي ان يوخذ اوقيتان من التونيا واوقية واحدة من القصد بر وست اواق زبيق من الاواق الطيبة . وتذوّب التونيا والقصد بر معاً ويصبأ في هاون يكون قد أُحِي قليلاً لكي لا يجمد فيه المعدنان المذوبان بغتة . وبعد ما يصبان يقتضي ان يُقتلَا بالزبيق حالاً بمدقة الهاون وفي مدة التحريك يضاف زبيق ويداوم التحريك حتى يبرد المزيج ويصير كالعجين . ثم يضاف اليه قليل من شحم الخنزير لكي يجعل رخاوة مناسبة غير انه قبل مزجه

يجب ان يستعمل قليلاً ويستعمل منه كمية قليلة. وفي ابام الصيف يقتضي ان يستعمل كمية اقل من الزبيق

٢١٨ اما الموصل الاعظم فهو اسطوانة نحاسية تكون غالباً فارغة وذلك لان الكهربية تستقر على السطوح فلا داعي لاصطناعه مصمماً ثقيلاً ولها طرفان مستديران كنصفي كرة. وهي مركزة على عمود مصمت من زجاج ذي قاعدة متسعة مصنوعة من خشب ثقيل لكي تبقى ثابتاً. ويدخل في طرف الاسطوانة قضيب من معدن مثل ق في راسه كرة من نحاس. وفي طرفه الآخر القريب من الزجاج س قضيب معدن في راسه سنان معدن لا يرى في الشكل لآخذ الكهربية عن الزجاج

تنبيه. انه لا مضر ضروري في اصطناع آلة كهربية ان تكون كل اجزائها ملساء خالية من التواءات المروسة والحروف الحادة التي من شأنها ان تبدد السيل لانه يجمع عليها اكثر مما على السطوح القليلة التحديب ويهرب عنها (رقم ٢١٥). ولهذا السبب نفسه يقتضي ان تكون الآلة خالية من الغبار الذي من شأنه ان يبدد الكهربية ايضاً كالرؤوس والتواءات

٢١٩ اما الآلة ذات القرص فهي مركبة من قرص من زجاج ص طول شكل ١٦٥



قطره من ثمانى عشرة عقدة الى اربع وعشرين او اكثر يُدار عمودياً على سطح

الافق على محور يمر في مركزه كما في (شكل ١٦٥). وقوائمها مصنوعة من مواد كاللمصنوعة منها قوائم الآلة ذات الاسطوانة. وهذه الآلة لها فاركان على جانبيها احدهما س من على الجانب الذي يقابله لاجل تهيج القرص المذكور بالفرك عليه عند ادارته وقد يكتفى بفارك واحد. والموصل الاعظم د هو اسطوانة نحاسية يدخل فيها قضيب لة سنان تقابل قرص الزجاج ورووسها قريبة منه جدًا لكي تاخذ الكهرباء عند ادارة القرص وتهيج. ولجل جمع الكهرباء بكثرة قد يُعمل قضيبان احدهما يقابل السطح الواحد والاخر السطح على الجانب الثاني متصلان بالموصل. والارجح انه لا فرق بشعريه بين قوة ذات القرص وقوة ذات الاسطوانة في جمع الكهرباء غير ان الثانية اقل كلفة من الاولى واقل خطرًا من ان تنكسر وانسب للاستعمال

٢٢٠ اما خواص الآلة الكهربائية فنذكر مما مر عن انبوبة الزجاج. ولا فرق بينها الآن الآلة نحصل بها كمية وافرة من الكهرباء لاجل اظهار تجربات كثيرة تقتضي ذلك وبواسطة فرك الفارك على اسطوانة الزجاج او على القرص تظهر الكهرباء فتُرسل حالًا الى الموصل الاعظم ويمكن ان تؤخذ من الموصل الاعظم بعقدة الاصبع او بمادة اخرى موصلة. واذا بقي الزجاج والفارك كلاهما منفصلين عن الارض فكمية الكهرباء التي تُحصل منها تفرغ حالًا. ولذ لك يعلّق بالفارك سلسلة نحاس او معدن اخر تتدلى الى مائدة او الى ارض البيت فتوصل كمية من السيال لا تفرغ الى الفارك. وفي بعض الاحوال حيث يقتضي جمع كمية وافرة من الكهرباء تتدلى السلسلة المعدنية رأسًا الى الارض

٢٢١ انه لكي يدل على درجة التهيج في الموصل الاعظم يجعل عليه الكترولومتر الربع كما يدل عليه في رسم الآلة الاسطوانة عندي (شكل ١٦٥). وهذا الكترولومتر مصنوع من نصف دائرة تكون غالبًا من عاج مقسومة الى درجات ودقائق من صفر الى ١٨٠ والانقسام بيتدي من اسفل القوس وما

يقال انه دليل الالكترومتر مصنوع من قشة تُعْرَك حول مركز الدائرة حاملة في طرفها كرة صغيرة من اللب والحامل لنصف الدائرة عمود من نحاس او مادة اخرى موصلة كما ترى . فحينما يكون الدليل عمودياً على سطح الافق لا تكون الكهرباء موجودة وإنما اذا تكهرب الموصل الاعظم يعطي من نوع كهربائيه للدليل فيدفعه ويرفعه على المقياس الى نحو زاوية 90° او الى حيث يكون قائماً على عمود المعدن . ولا يخفى ان الدليل لا يرتفع ابداً الى اعلى من 90° اذ يكون الراس المستدير في اعلى العمود قد تكهرب بدرجة الموصل الاعظم ويدفع الدليل بقوة متساوية لقوة الموصل الاعظم . وبعض الاحيان حيث يكون راس العمود صغيراً تنفلت عنه الكهرباء كراس مروس فتغلب كهربائية الموصل الاعظم وتدفع الدليل الى اعلى من 90° . ثم لا يقتضي ان يظن ان الزاوية التي يرتفع الدليل فيقف عندها تُعتبر المقياس الحقيقي للقوة الدافعة . بل لكي نعرف هذه القوة حقيقةً يقتضي ان يقسم قوس الالكترومتر الى اقواس مما ساتها على سلسلة حسابية

٢٢٢ ولما كانت الالات الكهربائية ثمينة ولا يحصلها الذي يدرس بنفسه دائماً بسهولة يحسن ان نشير الى طريقة بها يصنع آلة رخيصة . فيمكن ان يشتري قنينة زجاج كبيرة من عند الصيدلاني ويجعلها اسطوانة ويغري لوحين من خشب على طرفيها ويدخل في مركز اللوحة التي تلي القعر قطعة من عصا يجعل راسها كرة صغيرة طرفاً للمحور ويدخل الجزء من المحور المتصل بالمسكة في مركز غطاء الخشب الذي يلي راس القنينة . واذا أُعدت على الاسلوب المذكور يمكن التجار ان يركزها على خشب صلب جاف . ويمكن السنكري ان يصنع الموصل الاعظم وعدة لوازم اخرات ذكرها . والقناني والحناجر المستطيلة الرفيعة تصلح ان تكون قواصل ويصنع لها الملغم كما مر . والتلامذة النجباء الذين يدرسون الكهرباء غالباً يسلون نفوسهم باصطناع

آلات على هذه الصفة. وبعضها يكون صالحاً لتجرباتٍ يستخدمُ لها اعظم الآلات
وإنها

٢٢٣ إذا كانت آلة كهربائية كاملة الاتقان وتشتغل جيداً فبإدارتها تحيط
دوائر من نور حول الاسطوانة او القرص ومحاري من نور تصدر من الحشية
وبقية اجزاء الآلة بغزارة ودوائر النور تتألف من شرارات كهربائية تفرغ ما
بين السطح المهيّج والفاراك . وإذا كانت مسرعة في مرورها تظهر كخط متصل
مثل خط لقضيب أشعل طرفه وأدير في الهواء . فجاري النور تصحب مجرى
السيال الكهربائي الذي ينفلت بسهولة من الرؤوس والحروف الحادة

٢٢٤ ولتقدم لذكر بعض ظواهر الكهرباء التي تظهر بواسطة الآلة
الكهربائية مقتصرين الآن على الالتفات الى الامتحانات التي تتعلق بالجذب
والدفع ومجرى الشرار تاركين ما يتعلق بالنور والحرارة الذي سيأتي الكلام
بشأنه. والظواهر الآتي ذكرها تلاحظ من آلة معتدلة القوة . ومن القضايا
السابقة نتزع للتلمذ اسبابها

(١) إذا أدير الآلة ومسكت ريشة خفيفة او كوكبة قطن معلقة بخيط
موصول كخيط من كتان او قطن تجذب بشدة الى نحو السطح المهيّج. ويحسن ان
تقوى قوة الايصال في خيط الكتان او القطن بترطيبه بخار التنفس
(٢) إذا تعلقت شلة من خيطان او خصلة من شعر بالموصل الاعظم يظهر
فيها تدافع قوي بين الخيطان او الشعر. ففتيلة القنديل تصلح جيداً لهذا
الامتحان

(٣) إذا كان الكنترومتر الربع في الآلة يمكن ان تمنح قوات الايصال
في مواد مختلفة بسهولة. فاذا قرب قضيب من حديد ممسوك باليد من الموصل
يجعل دليل الالكنترومتر يسقط حالاً ويظهر هذا الفعل نفسه من تقريب
اي قضيب معدني كان. وقضيب من خشب من ذات المقدار يجعل الدليل

ينزل باكثر ابطاء. وقضيب من زجاج لا يكاد ينزله. وبهذه الامتحانات يظهر ان الحديد موصل تام وان الخشب موصل غير تام وان الزجاج فاصل. وعلى هذا الاسلوب تضح قوة الفصل لقضيب شمع احمر او خصلة من حرير او صوف او اجسام اخر مختلفة

(٤) اذا قُدِّمت من الموصل الاعظم كرة من لب السيسبان او ريشة او جسم آخر خفيف مربوط بخيط من حرير تتجذب اولاً ثم تندفع ولا تعود تلامس الموصل الكهربي حتى تنفرغ كهربائيتها بانصالها بالاصبع او موصل ما غير مكهرب

(٥) ان وُضع اجسام خفيفة بين موصل مكهرب وجسم غير منفصل تحرك بسرعة شديدة الى الورا والامام من سطح الى اخر اذ تتجذب وتندفع بالتبادل من السطح المكهرب. وبهذه الوسطة تتم رقصات الكهرباء ودق الاجراس وامتحانات اخر ملذذة ومبهجة كما سيأتي

(٦) اذا انفصل الفارك بينما تدار الآلة وانصل الموصل الاعظم بالارض بواسطة سلسلة معدنية يرى ان نوع كهربائية الفارك يختلف عن نوع كهربائية الاسطوانة الزجاجية او القرص. والاجسام تتكهرب ايجاباً بانصالها بالزجاج وبواسطة الموصل الاعظم وسلباً بانصالها بالفارك اذ يكون منفصلاً والموصل الاعظم غير منفصل

(٧) الجسم المكهرب له ميل ان تنجزاً الى اجزاء دقيقة اذ تكون هذه الاجزاء قد اكتسبت قوة التدافع. فكوكة من قطن مكهربة تنفرق الى خيوطها الدقيقة جداً. والشمع الاحمر الذائب اذا قرب من الموصل الاعظم بواسطة ينقسم الى خيوط رفيعة تشبه الصوف الاحمر. والماء الذي ينقط من انبوبة شعرية كاللمص عند تكهربها يجري الى خارج بعدة مجاري رفيعة جداً. والماء المتفرغ بضغط الهواء ينقسم الى خيوط دقيقة ايضاً اذ يرس على هيئة برش

(١) الجزء من الهواء المكهرب بداعي التدافع بين دقائقه يتمدد وإذا يكون له فرصة للهرب يتلطف وعند ذلك يتحرك بموجب مبدأ تحرك الهواء كما تقدم. هذا ما يظهر من نتائج الامتحانات على الآلة الكهربائية وأما امتحانات النور والحرارة فسياتي الكلام عليها

تنبيه. يراد بفسحة الاتصال فيما ياتي البعد الذي عليه تظهر شرارة كهربائية إذا قرب جسم مكهرب الى اخر يحتوي كهربائية تخالف كهربائته. ويراد بفسحة الفعل البعد الذي تصل اليه قوة جاذبية جسم مكهرب في جهة نهايته وراء فسحة الاتصال بدون ظهور شرارة كهربائية. وفسحة الفعل هي ابعاد من فسحة الاتصال لان انبوبة من زجاج مهيئة جدًا تظهر قوتها على ورقة الذهب للالكترومتر عن بعد عشرة او عشرين قدمًا مع ان الشرارة البرقية لا تنجاز من الانبوبة الى راس الالكترومتر الى ابعاد من عقد قليلة. والكهربائية التي تظهر في جسم قرب الى جسم مهيئ ولم يصل الى فسحة الاتصال اي بدون اخذ شرارة منه يقال انها حصلت بالحل الكهربائي وسياتي الكلام عليه

الفصل الرابع

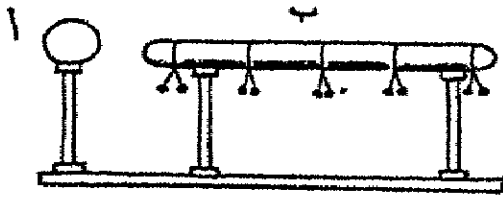
في الحل الكهربائي

٢٢٥ إذا انفصل جسم موصل للكهربائية ووضع بالقرب من جسم مكهرب بحيث يكون ضمن فسحة الفعل وأبعد عنه من فسحة الاتصال يتكهرب بتفريق نوعي كهربائته. ويقال حينئذ انه قد

تكهرب بالحل

فليكن الجسم ا (شكل ١٦٦) مكهرباً ايجابياً. وليقرب الموصل ب الراكر على عواميد فاصلة الى ا بحيث يكون ا بعد عنه من فسيحة الاتصال حتى لا ياخذ منه كهربائية فتظهر شرارة وضمن فسيحة

شكل ١٦٦



الفعل بحيث يظهر فعل كهربائيتيه به. فاذا على ازواج من كرات لب السيسان في الموصل المذكور احدها في الوسط

والاخرى في اماكن مختلفة على الجانين كما يرى (شكل ١٦٦) فكل من الزوجين المعلقين عند الطرفين تتباعد احدى كراته عن الاخرى اكثر من سائر الازواج والاخر تتباعد اقل فاقبل كلما اقتربت الى الوسط وهناك لا يوجد أثر للكهربائية. ويُعرف من ميزان الفعل ان نصف ب الاقرب الى الجسم المكهرب قد تكهرب سلباً والنصف الابعد ايجاباً. واذا اخذت الكهرباء من ا بفقد ب كل دلائل الكهرباء مع انه يبقى منفصلاً. ثم ليتكهرب ا سلباً فطرف ب الاقرب يصير ايجاباً والابعد سلباً. والحاصل ان الطرف الاقرب الى ا يتلى بنوع كهربائية يخالف نوع كهربائيتيه والطرف الابعد يتكهرب مثله. ولا يضاج الحل لنفرض ان ا تكهرب ايجاباً فالسيال الزجاجي اذا عند ا يجذب تقيضة اي السيال الراتنجي في ب الى الطرف الاقرب ويدفع النوع المائل لاي الزجاجي الى الطرف الابعد. فاذا اُزيل ا او فقد امتلأ الكهرائي فالسيالان في ب يعودان بمترجان بداعي تجاذبهما فيرجع ب الى حاله الطبيعية. وبالعكس لنفرض ا امتلاً بالسيال الراتنجي فحينئذ يجذب الزجاجي ويدفع السلي في الجسم ب وكهربائيتيه تُحل ويُفرق احد عنصريها عن الاخر بقوة الجذب والدفع التي للكهربائية المخوية في ا

٢٢٦ ان مبدأ الحل يتضح منه انه جذب الجسم المكهرب ابداً للجسم الخفيف

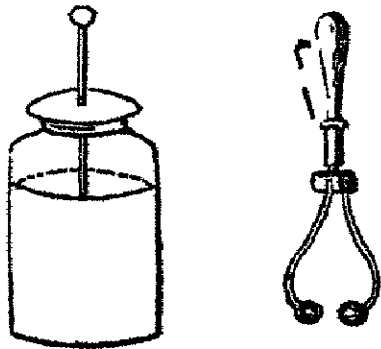
غير المكهرب. فان الجسم الخفيف يتكهرب اولاً بطريقة الحل اذ يكون الجانب الاقرب مختلف الكهربية والابعد كهربية مائلة لكهربية الجسم المكهرب المقرب اليه . فالجانب الاقرب اذاً يجذب والابعد يدفع وحسب ناموس اختلاف الجاذبية بالبعد تكون الجاذبية اعظم من الدفع فيميل الجسم الى القوة العظلى

٢٢٧ ان وجود الهواء في فسحة الفعل المتوسط بين الجسم ا والجسم ب يمنع اتحاد كهربية ا بالتي هي تقيضها على الجسم ب . وذلك لان الهواء اذا كان جافاً فهو فاصل جيد كما مرّ. ولذلك اذا فصلنا بين الجسمين المذكورين بلوح زجاج يظهر الحل الكهربائي ايضاً غير ان فسحة الفعل في الزجاج يمكن ان تكون صغيرة جداً بدون ان يصل احد الجسمين الى فسحة الاتصال ويحصل شرارة . ثم على كلا الحالين اذا صار اتصال بين ب (شكل ١٦٦) والارض بواسطة موصل كسلسلة معدن وتكهرب الجسم ا ايجاباً بكثرة تجمع السالبة من الارض الى جانب الجسم ب الذي يلي ا . وحينئذ اذا وصل بين الجسمين بمادة موصلة كما اذا لمس شخص احدهما باليد الواحدة والآخر باليد الاخرى يحصل هزة كهربية للجسم . وذلك لهجوم كل من السيالين الكثيفين الى جهة الآخر بسرعة مازين على الجسم الموصل لكي يتحدا لشدة ميلها الى ذلك . ومثله اذا صفحنا لوح زجاج على الجانبين بمعدن تاركين منه حاشية نحو عقدتين لاجل مسكه وكهربنا الجانب الواحد بالآلة ولمسنا الجانب الاخر باليد تكثر الموجبة والسالبة على الجانبين فيحصل هزة كهربية اذا وصل بينهما باليدين وعلى هذا المبدأ قد اصطنعت القينة اليدنية كما سيأتي

الفصل الخامس

في القنينة الليدنية وخصائصها

٢٢٨ القنينة الليدنية هي قنينة كبيرة من زجاج مثل ب مغشاة من داخل ومن خارج بقصد بر ما عدا فتحة عند اعلاها علوها عقدتان او ثلاثة (شكل ١٦٧). وهذه الفتحة اما متروكة عريانة او ملبسة بفرنيش او بصفيحة رقيقة جداً من الشمع الاحمر ملتصقة عليها . وفي

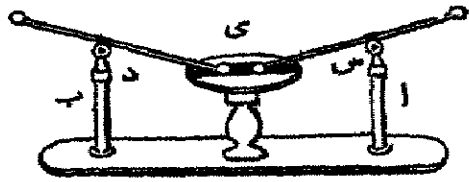


شكل ١٦٧

القنينة مسدودة سداً محكماً بغطاء من خشب صلب مشوي يمر بمركزه قضيب معدني عمودي له في راسه فتاحة وفي اسفله سلسلة او شريطة معدنية تستقر على قعر القنينة او على جانبها بحيث تمس البطانة

الداخلية . فبتقريب الفتاحة الى الموصل الاعظم من آلة كهربائية اذ تكون الآلة مشغلة يمر سلسلة من شرار بين الموصل والقنينة تضعف رويداً رويداً الى ان تنالشي . ويقال حينئذ ان القنينة قد امتلأت . ثم اذا اخذنا المطلق اذا الشعبتين المعدنيتين المدملكتي الراس المفصول بمسكة من زجاج وجعلنا الكرة الواحدة تلامس الغشاء الخارج وقربنا الاخر الى الفتاحة في راس القنينة يظهر حالاً وميض نور كثيف مصحوب بصوت عالٍ . ثم بتقريب المطلق ثانية يمر شرارة ضعيفة هي فضلة الامتلاء وبعد ذلك لا تعود تظهر علامات لوجود الكهرباء . ويقال حينئذ ان القنينة قد تفرغت

ولاجل اتمام تجربات مختلفة كثقب ورقة سميكة او ثقب لوح من زجاج او غير ذلك بمرور مجرى كهربائي حيث لا يصلح المطلق المذكور ا قد اصطنعوا آلة اخرى مناسبة لذلك لاجل اطلاق او تفريغ الكهرباءية بسمونة المطلق العام. وهذه صورته (شكل ١٦٨).



شكل ١٦٨

فائة مؤلف من مائدة خشب مرتكز عليها عمودا ا وب. وعند راسي هذين العمودين مفصلان من

نحاس س ود متصل بهما قضيبا نحاس مدملكا الراس لها مسكنا زجاج. وتحت راسي القضيبين مائدة خشبية صغيرة ي مثبتة على عمود يرتفع او يهبط حسب الاقتضاء بواسطة برغي. اما المائدة الصغيرة المذكورة فقد صنعت لكي توضع عليها المادة التي تتم بها التجربة بين راسي القضيبين ولجل اتصال المجرى الكهربائي للاطلاق او التفريغ يوصل الغشاء الخارج من قنبنة ليدن باحد القضيبين بواسطة سلسلة وتفاحة القنبنة بالقضيب الآخر. وهذا المطلق يصلح لتفريغ امتلاء كهربائي ولو كان وافرا جدا كالامتلاء الذي يحصل في البطارية اليدنية المركبة من قناني عديدة كما سيأتي

٢٢٦ ان القنبنة المذكورة لقيت باليدنية نسبة الى ليدن احدى مدن هولندا لكونها اكتشفت اولاً هناك. ففي سنة ١٧٤٦ كان فيلسوف بروكس نفسه في ليدن بتجربات كهربائية فخطر في باله ان يكهرب كمية من الماء لكي يتخن هل يتغير طعمه فوضع قليلاً منه في قنبنة ثم سدها بفليئة وادخل في وسطها شريطاً من معدن يصل الى الماء ثم قرب هذا الشريط الى الآلة الكهربائية ماسكاً القنبنة بيده الواحدة ولم يشعر بشيء حيثئذ وعندما اراد ان يرفع الفليئة ليدوق الماء مسك الشريط في يده الاخرى فحدث له هزة كهربائية قوية جداً اذ صار اتصال بين الماء ويده الاخرى الماسكة القنبنة

فجرت الكهرباء بقوة شديدة وحدثت هذه الهزة. فاشعر كأنه قد ضرب على ذراعيه وكتفيه وصدره ضربة كادت تخطف نفسه وبقي يومين مريضاً من جرى تلك الضربة المزعجة. فقال انه لا يريد ان يعيد العملية فيحصل له هزة ثانية ولو بملك فرانساً كله. ثم بعد ذلك اخذ العلماء يشتغلون ويبحثون عن هذا الامر فوجدوا ان القنبنة الليدنية واسطة مفيدة لجمع الكهرباء لانه يمكن ان تملأ بكمية من السال الكهربائي وتحفظ تلك الكمية الى وقت لزوم تفرغها. ثم بعد ذلك اخترعوا البطارية الكهربائية المؤلفة من عدة قناني ليدنية لاجل جمع كمية وافرة كما سيأتي. وبعد امتحانات شتى استنجوا ما يأتي

٢٢٠ أولاً. القنبنة تملأ بتقريب تفاحتها الى الموصل الاعظم

اذ تكون الآلة مشغلة

وعند ملئها قد تنفرغ احياناً من ذاتها. والارجح ان ذلك يحدث عندما تكون تفاحتها نظيفة وجافة جداً. فلمنع حدوثه تُرطَّب التفاحة المذكورة بالتنفس عليها

٢٢١ ثانياً. جانبا القنبنة المتقابلان كهربائيتاهما مخنافتان اي

احدهما ايجابية والاخرى سلبية

فاذا قُرِّبت كرة من لب السيسبان معلقة بخيط حرير الى تفاحة قنبنة ممثلة تُجذب اليها أولاً ثم تندفع وبعد ذلك تجذبها بطانة القنبنة الخارجة حتى تتكهرب من نوع كهربائيتها ثم تندفع وهلمَّ جراً. وسبب اختلاف كهربائيتها هو ان الغشاء الداخل لما يتلى من الكهرباء الزجاجة تدفع كهربائيتها التي تماثلها عن الغشاء الخارج وتجذب الراتنجية اليه بموجب مبدأ الحل الكهربائي كما مر. ولذلك يقتضي ان يكون موصل الى الارض كاليد او سلسلة معدن لكي يكون ممر للتدفعه والمجذبة فتتكون الراتنجية على الغشاء الخارج واذ لا سبيل

لامتراجها لوجود الفاصل الزجاجي واحداها تجذب الاخرى تبقيان على الغشائين فيبقى الامتلاء مدة مستطيلة بداعي التجاذب الى ان تبددا في الهواء او على الزجاج بسبب وجود الغبار والرطوبة

٣٣٣ ثالثا . لكي تمتلئ القنينة يجب ان يكون خارجها غير

منفصل

فاذا ربطنا خيطاً في فتاحة قنينة ليدنية وعلقناها في الهواء بحيث نتصل بالموصل الاعظم وشغلنا الآلة فلا يصير امتلاء في القنينة . ويحدث ذات تلك النتيجة لو ارتكزت القنينة على عمود من زجاج او انفصلت بمادة اخرى . ويمكن ان تملأ ايضاً يجعل فتاحتها تتصل بالموصل الايجابي وغشائها الخارج بالفارك

٣٣٣ رابعاً . يمكن ان تملأ قنينة ثانية باتصالها بالغشاء الخارج من الاولى اذ تملأ الاولى

الامتلاء الذي يصل الى القنينة الثانية هو من نفس نوع الامتلاء الاول ومن نفس درجة كثافته تقريباً بشرط ان تكون سعة القنينة واحدة . وكذلك اذا اتصل قنينة ثالثة او رابعة او اي عدد كان من القناني التي هي من مقدار واحد بعضها ببعض تمتلئ كل القناني من نوع واحد من الكهرباء غير ان درجة كثافتها تتناقص قليلاً في القناني المتوالية . فاذا كان مصدر الامتلاء من الاسطوانة او القرص في الآلة الكهربائية ماراً في الموصل الاعظم كما هو الغالب فالامتلاء يكون موجباً وزجاجياً وان من الفارك فسلية

٣٣٤ خامساً . يمكن ان تمتلئ قنينة سليماً باخذ الكهرباء من الفارك اذ يكون منفصلاً والموصل الاعظم غير منفصل

ولهذه الغاية السلسلة التي تُربط غالباً بالفارك تُسترسل على الموصل

الاعظم. وايضاً يمكن ان نملأ قنينة سليباً بمسك تفاحها اذ تاخذ الكهربية من الموصل الاعظم على الغشاء الخارج. ويقتضي حينئذ ان لا توضع على الارض بل ان نخلها يد الماسك في الهواء او توضع على فاصل ولا يهتز الماسك هزّة مزعجة لما لا يخفى

٢٣٥ سادساً. اذا ملئت قنيتان احدها ايجائياً والاخرى سليباً وكانتا منفصلتين فاذا جعل اتصال بين الغشائين الداخلين لهما بواسطة الاتصال بين التفاحين لا يحصل تفريغ ما لم يكن موصل بين الغشائين الخارجين

فاذا ملئت قنينة من الموصل الاعظم واخرى من الفارك ووضع الاثنان على بعد بعض عقد احدها من الاخرى على ارجل فاصلة فباتصال التفاحين بالطلق لا ينتج تفريغ. ولكن اذا وصل بين الغشائين الخارجين للقنينة فتقريب المطلق الى التفاحين ينتج حالاً تفرغ قوي ويحصل تفريغ. وذلك لانه اذا لم يوصل بين الغشائين الخارجين تبقى على كل منها كهربية وتنجذب التي على الداخل فتتمها عن الانطلاق. وبين هاتين القنيتين المذكورتين المتماثلتين امثلاً مختلفاً اذ يوصل بين غشائيهما الخارجين بمعدن يمكن ان تصنع تجربة يقال لها تجربة العنكبوتية الكهربية. وهي ان يعلق تثال من الفلين تشبه بعنكبوتية بين تفاحيهما فالعنكبوتية تنجذب الى تفاحة الواحدة ثم تندفع عنها وتنجذب الى الاخرى وتخطر عدة خطرات على هذا الاسلوب لوقت طويل حتى تفرغ القنيتان ولا تخفى على النطن معرفة سبب ذلك ما تقدم

٢٣٦ سابعاً. امثلاً كل قنينة يمكن ان يقسم الى اجزاء معينة اي يمكن ان يؤخذ نصفه او ربعه او اي جزء آخر منه. وذلك يحصل باتصال الغشاء الداخل والخارج من اخرى غير مكهربة من ذات مقدارها

وسمكها. وتقاس الامتلاءات بالكترومتر الربع
٢٣٧ ثامناً. الكهربائية تجمع على سطح الزجاج والغشاءان
هما كموصلان فقط

وهذا يبرهن من النظر الى هذه الحقيقة وهي انه ان كان الغشاءان متقلين
حتى يمكن ازالتهما بعد امتلائهما فلا يظهر بينهما بعد الانتقال ادنى علامة لوجود
الكهربائية مع انه لو وضع مكانهما غشاءان آخران غير مكهربين ووصل بين
الداخل والخارج لحدث التفريغ الاعيادي وذلك يستدل منه ان كل
الامتلاء كان باقياً محفوظاً على سطوح الزجاج للقينة

٢٣٨ تاسعاً. امتلاء القينة الليدنية يمكن ان ينحفظ لوقت
مستطيل. وذلك لسبب التجاذب بين الكهربائية الخارجة
والداخله

ان الامتلاء يتبدد غالباً بمجرة دقائق الغبار او مواد اخر موصلة في
الهواء بين احد الغشائين والاخر. او بصيرورة الصفيحة الزجاجية المتوسطة
بينهما مرطبة فتفقد بذلك قوة الفصل فبالضرورة القينة الليدنية تحفظ
امتلائها في طقس جاف زماناً اطول مما في طقس رطب. وطلي الجزء غير
المغشى من القينة بشمع احمر او فرنيش يمنع عن الرطوبة وبالتيجة يمنع سرعة
تبدد الامتلاء الكهربائي

٢٣٩ عاشراً. لوح زجاج او صفيحة من الهواء او جسم آخر
كهربائي يمكن ان يملأ كثيراً او قليلاً على كيفية تشبه كيفية امتلاء
القينة الليدنية

فاذا غشينا جانبي لوح زجاج بقصد بر متروكاً منه فسيحة عقدتين غير

مغشاة عند حروفه ثم امسكنا اللوح عند زاوية واحدة منه وقربنا عقدة الاصبع الى الغشاء الواحد والغشاء الاخر الى الموصل الاعظم فلوح الزجاج يتلوى ويمكن تفرغه بتقريب راسي المطلق الى الغشائين المعدنيين المتقابلين . وصفيحة من هواء يمكن ان تملأ ايضاً على كيفية ملء صفيحة الزجاج غير انه لما كان الهواء يسهل تحريكه بالكهربائية بداعي سيمولة دقائقه يجب ان تستعمل لذلك صفيحة منه امسك من الزجاج . اما طريقة تجربة ذلك فهي بان يؤخذ دائرتان من خشب تامتا الاستدارة مصفحتان بقصد برقطرها من قدمين الى اربعة . وتوضع احدى اللوحين على شيء موصل الى الارض وتعلق الاخرى فوقها بتحرير من حرير بالسقف بحيث تكون متوازية لها وعلى علو عقدة او نصف عقدة منها . واما اللوحة العليا المنفصلة اذ تتصل بالآلة كهربائية تصير الصفيحة من الهواء بين اللوحين ممثلة وتسبب هزة اذا لمست في وقت واحد باليدين . غير ان الهزة المسببة عن الهواء في هذه الحال هي اقل قوة جداً من المسببة عن سطح مستول زجاج مصحح لان بعد الغشائين هنا اعظم جداً والفاصل بينهما اقل قوة للفصل فلا تظهر والحالة هذه قوة تفرغ الكهرباء الا عندما تكون الآلة مستغلة . واذا لم يفرغ الامتلاء يحدث اصوات في الهواء المتوسط ما دام تكهرب الدائرة العليا باقياً

٢٤٠ . حادي عشر . اذا مسك لوح زجاج ملبس بقصد بر او بعدن آخر عمودياً على سطح الافق وحرفاهُ الاعلى والاسفل موازيان للافق معلقاً فيه عند اعلى الغشائين خيطان على الجانبين متقابلان وكهرب بشارة من الموصل الاعظم يرتفع كلا الخيطين جاعلين زاويتين متساويتين بينهما وبين سطح الزجاج . ثم اذا قُرب موصل كعقدة الاصبع الى احد الغشائين يهبط الخيط حالاً

على ذلك الجانب اذ تزداد زاوية ارتفاع الآخر حتى تبقى الزاويتان
بين الخيطين كمية متساوية ابداً

فان الكهرباطيتين المتجمعتين احدهما على الغشاء الواحد والاخرى على
الغشاء الاخر تهجان بسرعة شديدة احدهما الى الاخرى حالما يتيسر لهما موصل
يجمع بينهما لكي يترجا لشدة ميلها الى الاستزاج وعند ذلك يحدث فرقة قوية
٢٤١ ثاني عشر. نشفرغ قنينة بعد امتلائها بحسب ما ذكر
بتقريب كرتي المطلق احدهما الى تفاحة القنينة والاخرى الى
العشاء الخارج منها او بواسطة موصل اخر كاليدنين

الفصل السادس

في البطارية الليدنية

٢٤٢ قد اشرنا في القضية الرابعة في الكلام على القنينة
الكهربائية انه اذا اتصل عدة قناني بالتتابع بالتي تملأ بالكهربائية
اولاً بان يوصل بين تفاحة الملائنة وتفاحة التي تليها وبين تفاحة
هذه والتي تليها الخ والاعشية الخارجة بعضها ببعض وبالأرض
بواسطة سلسلة من معدن تمتلئ كل القناني من نوع السيل
الكهربائي الذي ملئت منه الاولى. فاذا اصطنع صندوق منفصل

موضوع ضمنية عدة قناني ليدنية على الاسلوب المذكور فتلك الآلة تُسمى بالبطارية الكهربائية. وقد نتصل الاغشية الخارجة للقناني بعضها ببعض بواسطة القصدير المبطن به الصندوق المذكور. ويستعمل من هذه القناني غالباً اربع الى اثنتي عشرة في بطارية واحدة. والقصد في ذلك تكثير الامتلاء الكهربائي عند الاحتياج اليه لاجل التجربات او غاية اخرى. فنرى ان البطارية الكهربائية تجري على مبدأ القنينة الليدنية تماماً ولا تفرق عنها الا بتكثير عدد القناني. ولذلك لا نحتاج الى تكرار الشرح لايضاحها فكلما قيل في القنينة الليدنية يطابق مبدأ البطارية

ان طريقة تفريغ البطارية هو كتفريغ القنينة اي بالجمع بين الزجاجية والراتنجية او السالبة والموجبة بموصل كما مرّ وبما ان الامتلاء فيها يكون جسيماً لكثرة القناني فتفريغها يكون مصحوباً بصوت قوي كصوت صاعقة وادا كان عدد القناني فيها وافراً فقد يكون كافياً لقتل الحيوان ولتذويب شرايط معدن ومفاعيل آخر تشبه مفاعيل الصاعقة. فليحذر من ضررها

الفصل السابع

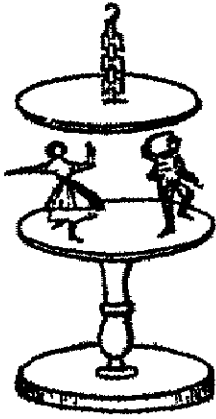
في بعض تجربات كهربائية

٢٤٣ انه بواسطة الآلة الكهربائية والقبينة اليدوية يمكن إتمام جملة تجربات كهربائية مسلية مبهجة. منها اعطاء الهزة الكهربائية لعدد غفير من الناس على الكيفية الآتية. وهي ان يمسك الشخص الواحد بيد الآخر ويصطفوا حلقة ثم تشغل الآلة ويجمع بين السلبية والموجبة بواسطة اتصال بين الاثنين في طرفي الصف الحثلي احدها يمسك موصلاً الى السلبية والاخر يمسك الايجابية. وذلك يحصل بمسك الواحد سلسلة الفارك والاخر بقرب يده او موصلاً اخر معدنياً ممسكه بيده الى طرف الموصل الاعظم. فالسالية والموجبة تدور احدها الى الاخرى بسرعة لكي تلتصقا وتترجا فيحصل هزة كهربائية وتلك الهزة تكون قوة فعلها بحسب مقدار الامتلاء. واذا جمعنا بين السالية والموجبة من امتلاء قبينة ليدنية حتى تجنازا في الحلقة المذكورة بان يمسك احد الشخصين المشار اليهما القبينة بيده على الغشاء الخارج والاخر يمس تفتحها تحصل هزة للحلقة ولا يجوز تفريغ امتلاء بطارية قوية لانها هذه التجربة او يحصل ضرر عظيم يستلزم ثلاثي الحيوة

٢٤٤ ومنها تقرب راس تمثال صغير مغطى بشعر طويل الى الموصل الاعظم لآلة كهربائية. فلندافع الاجسام التي تتكهرب من نوع واحد يقف الشعر منتصباً ويجعل لرأس التمثال هيئة مربعة. وذلك يظهر ايضاً بوضع شخص على كرسي منفصل عن الارض بقوائم من زجاج وتمسكه بيده موصلاً

يلامس الموصل الاعظم عند تدوير الآلة فيتباعد الشعر ويقف في كل الجهات
٣٤٥ ومنها انه اذا وُضع تماثيل صغيرة مصنوعة

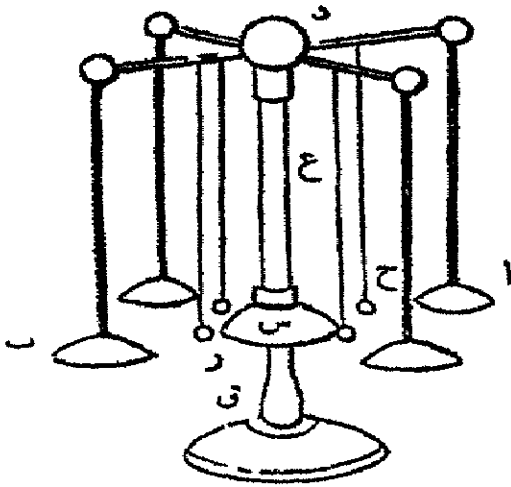
شكل ١٦٩



من لب السيسبان بين قرصين معدنيين احدهما
معلق بالموصل الاعظم بواسطة سلسلة معدنية على
موازاة الافق والآخر نحت متصلاً بالارض وهو
الذي توضع عليه التماثيل كما في (شكل ١٦٩).
فعند تشغيل الآلة ترقص التماثيل رقصةً مجبياً اذ
تجذب وتدفع بالتداول ولا يخفى سبب ذلك مما مرّ

٣٤٦ ومنها دق الاجراس الكهربائية. وهي اجراس معلقة بسلاسل كما في هذا
الشكل فالجرسان اوب على الجانبين معلقان بسلسلتين على قضيب معدني ولكن
الاطراف منفصل عن الكرة المعدنية بواسطة العمود الزجاجي ع ومتصل
بالارض بواسطة القائمة ق والمطرقتان

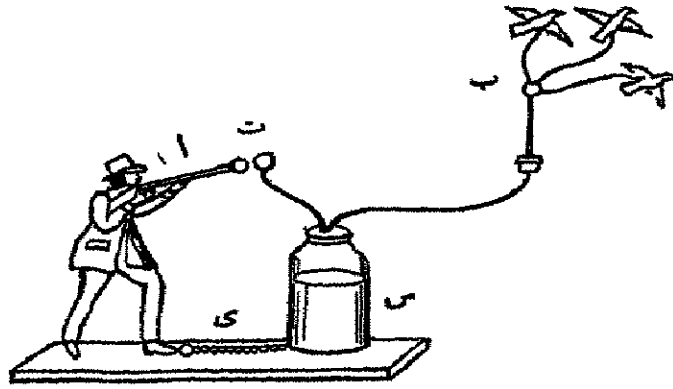
شكل ١٧٠



ح ور معلقتان بخيطين من حرير وهكنا
يقال في الجرسين الآخرين في الشكل.
فعند تشغيل الآلة اذ تكون د موصولة
بالموصل الاعظم يتكهرب الجرسان على
الطرفين ايجاباً واما الاوسط المنفصل
عن الموصل الاعظم فيصير سلباً بالحل
الكهربائي. والمطرقتان الصغيرتان بين

الاجراس تجذب وتدفع بالتداول فتدوم الاجراس تدق ما دامت الآلة مستغلة
٣٤٧ ومنها تجربة العصافير. وهي ما توضح تفريغ القنبلة اليدنية وتفصيلها
كما ياتي. القنبلة س (شكل ١٧١) قضيبها ذو شعبتين بنهاية احدها ب معلق
اجسام من لب السيسبان مصنوعة على صورة عصافير وبنهاية الاخرى فتاحة

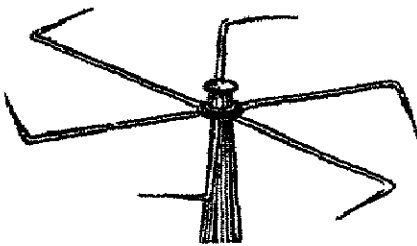
ت بواسطة تأخذ القنبلة الامتلاء من الموصل الاعظم. ثم بعد ان تمتلئ توضع على كرسي مفصول بقوائم زجاج وتفاحتها قريبة من البارودة المصنوعة من معدن بهيئة بارودة. فالعصا فير المعلقة لانها ممثلة بجنس واحد من الكهرباء
شكل ١٧١



تدافع وتطير بعضها عن بعض كما ترى في الشكل. ثم اذا جعلت السلسلة المتصلة بخارج القنبلة تمس قدماً التمثال المعدني يصير اتصال بين العشاء الداخل والخارج من القنبلة. ولا بد من حصول فرقة كطاقة بارودة بين اوت والعصا فير ان تكون قد فقدت كهربائيتها تسقط وتعلق كما كانت قبل امتلاء القنبلة وحينئذ يظهر ان العصا فير قد وقعت من الطلقة كما يحدث مع الصياد حقيقة

٢٤٧ ومنها تدوير الدولاب الكهربائي. وهو مؤلف من اربعة اذرع او اكثر

شكل ١٧٢



من معدن ذات رؤوس منخبة الى جهة واحدة كما يرى في (شكل ١٧٢) تتصل بطربوش معدني موضوع على راس ملاث حتى يدور عليه بسهولة. وهذا الملاث يتصل بالموصل الاعظم او قائم على موصل آخر

متصل به. فيجريان السيار الكهربائي على الاذرع وانفلاته عن رؤوسها المنعكفة عند تشغيل الآلة يدور الدولاب بموجب مبدأ دوران طاحون

باركرا الى خلاف جهة انحناء الرؤوس . وهذا الدولاب لا يدور في خلا وذلك
دليل على ان الكهرباء تنفلت عن الرؤوس في الخلا بدون مقاومة

الفصل الثامن

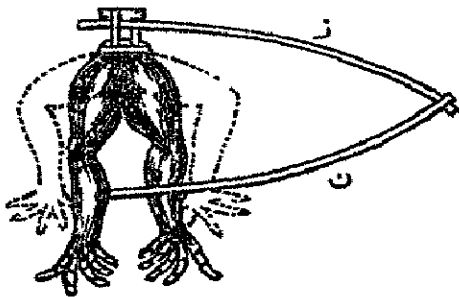
في الكهرباء الكلفانية او القاطائية

٢٤٨ الكهرباء الكلفانية هي المهيجة او الناتجة عن الفعل
الكيمياوي من مادتين او اكثر غير متشابهتين احدهما تفعل
بالاخرى . وتضع هذه الكهرباء بتجربة سهلة وهي ان يوضع قطعة
من فضة كريال مجيدي على اللسان وقطعة من توتيا تحته . فادام
المعدنان مفترقين لا يظهر لها تاثير ولكن اذا اتحد طرفاهما معا
يحصل اقشعرار واضح في اللسان وتظهر طعمة معدنية واذا انطبقت
العينان يشعران حينئذ بضوء خفي . وتنسب هذه النتيجة الى فعل
كيمياوي يظهر تلك اللحظة التي فيها احد المعدنين يلامس
الاخر . فان ريق اللسان يفعل بالتوتيا فعلا كيمياويا او يؤكسد
جزءا من التوتيا وذلك يهيج الكهرباء لانه لا يصير عمل كيمياوي
بدون ان ينتج كهربائية . فعند ملاسة طرفي المعدنين يمر مجرى
خفيف من الواحد الى الاخر . وكذلك اذا وُضع قطعة من لوح

تنك على ظهر سمكة حية او ضفدعة ووضعت تحتها قطعة من توتيا يحدث تشنج في العضلات بمرور مجرى كهربائي حينما يحصل اتصال معدني بين التوتيا والتنك

٢٤٩ ان اول من لاحظ هذا الامر العلامة كلفني الايطالياني معلم التشريح سنة ١٧٩٠. فكان ما نبيه الى ذلك هو انه بعدما شرح عدة ضفادع علق كلاً منها بصنارة من نحاس كي تبقى الى حين لزومها لاجل ايضاح بعض قضايا في فن التشريح فاتفق انه علق عدة صنارات من نحاس على درابزون من حديد فلامس الضفادع فتشنجت اعضاءها حينئذ تشنجا شديداً. وعند الفحص عن هذا الحادث عرفت ان ملاسة معادن غير متشابهة بسطوح العضلات والاعصاب الرطبة هي العلة الوحيدة لحدوث التشنج ٢٥٠ ويتبين فعل الكهربائية الكلفانية المستغرب بطريقة سهلة. فاذا

شكل ١٧٢



قُطعت ضفدعة عند القطن اعني الفقارات التي فوق العجز لكي يكون مكان القطع فوق مكان انتشار الاعصاب كما يبان في هذا الشكل الذي ترى فيه اعصاب الساقين والنخاع الشوكي ثم أخذ الشريطان ن ونر احدها نحاس والاخر توتيا ووضع احدها

تحت الاعصاب والاخر على عضلات الساق ترى انه اذا اتصل المعدنان تشنج حالاً الاطراف السفلى تشنجا شديداً وترنح وتمدد على طريقة مستغربة

ولا تحصل حركة ان لم يتصلا. واذا بقي الشريطان متلامسين بدوم هذا المنظر
هنية قصيرة ولكنه يتجدد طالما يصير اتصال وانفصال بالتداول
٢٥١ وقد نسب كلني حركات العضلات هذه الى نوع سيال عصبي في
التركيب الحيواني يشابه السيل الكهربائي يمر من الاعصاب الى العضلات اذ
يصير اتصال بينهما بواسطة اتحاد معدنين كما يحصل التفريغ بين الغشاء
الداخل والخارج من قنبلة ليدنية. ولذلك سمي السيل المذكور كهربائية
حيوانية. ثم اخذ العلامة فولطه الفيلسوف الايطالياني يكرر تجربات كلني
فوجد انه لم يحدث تهيج عصبي ما لم يصير اتصال بين العضلات والاعصاب
بواسطة معدنين مختلفين كالنحاس والحديد او النحاس والتوتيا. فلاحظ ان
الكهربائية تنتج عن مجرد ملامسة معدنين غير متماثلين تصدر من احدها
الكهربائية الايجابية ومن الاخر السلبية

وبعد ذلك تحقق ان العلة الحقيقية للتهيج الكهربائي المسبب عن ملامسة
معدنين غير متماثلين هي فعل كيمياوي. ومن الاكتشافات المتأخرة تبرهن
انه لا يحدث فعل كيمياوي بدون ظهور كهربائية وسميت الكهرباء التي تنتج
من فعل كيمياوي الكهرباء الكلفانية او الفولطائية اعتباراً لكلني وفولطه
الذين اكتشفها اولاً. والقاعدة الاتية انما هي اساس فن الكهرباء الكلفانية
وهي

اذا اتصل معدنان او جسمان موصلان للكهربائية مختلفان
يصدر عن ذلك كهربائية بفعل كيمياوي فتجري الكهرباء الايجابية
من المعدن الذي يكون الفعل عليه اقوى اي الذي تؤثر فيه المادة
المتصل هو بها تأثيراً كيمياوياً باعظم سهولة والسلبية من الاخر. ويسمى
المعدن الذي يظهر فيه التأثير الكيمياوي المعدن الايجابي او

العنصر الايجابي والاخر المعدن السلي وتسمى القوة الكهربائية حيث القوة المتحركة

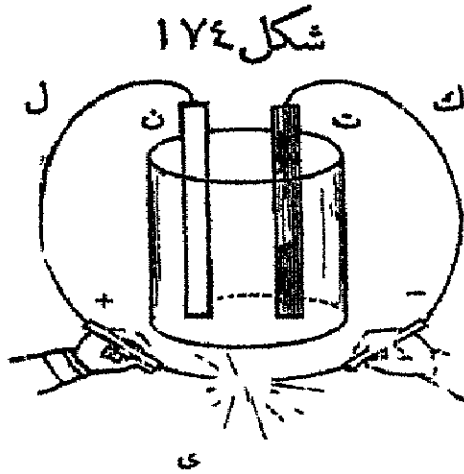
٢٥٢ اجسام موصلة مختلفة متلامسة تظهر قوات مختلفة او يصدر عنها
انواع مختلفة من الكهرباء. وسنضعها بالتتابع مرتبة على كيفية يكون فيها كل
واحد اذا لامس ما بعده ذا سيار ايجابي وما بعده سلي وكلما بعد احد
المتلامسين عن الاخر في ترتيب وضعها الذي ستراه تظهر الكهرباء بلامستها
اقوى. وهذا ترتيب المواد المذكورة

١ التوتيا او الخارصيني	٧ النحاس الاحمر
٢ الرصاص	٨ الفضة
٣ القصدير	٩ الذهب
٤ الاتيمون	١٠ البلاتين
٥ الحديد	١١ الرصاص الاسود او البلاجين
٦ النحاس الاصفر	١٢ الفحم

مثال ذلك اذا تلامس التوتيا والرصاص ينتج عنها مجرى كهربائي سيالة
الموجب من الاول والسالب من الثاني ولكنها تكون اقل فعلاً جداً من
الناجمة من اتحاد التوتيا مع الحديد او مع النحاس واتحاده مع النحاس اقل
قوة من اتحاده مع البلاتين او مع الفحم

فينتج ما تقدم انه لاجل الحصول على كهربائية كلفانية عند الحاجة يلزم
تركيب ثلاثة موصلات او عناصر مختلفة لا بد ان يكون واحد منها جامداً
واحد سائلاً اذ يصح ان يكون الثالث اما جامداً او سائلاً

٢٥٢ اذا اتصل معدنان مهيجان للكهربائية بحيث يمكن ان تلتقي الايجابية والسلبية ويجريان في جهتين متقابلتين يقال انه قد تالف منها دائرة كلثانية



مثال ت ون (شكل ١٧٤) صفيحان رقيقتان احدهما من توتيا والاخرى من نحاس احمر مغوستان في اناء زجاجي يحنوي على مزيج من الحامض الكبريتيك مقدار واحد ومن الماء اثني عشر مقداراً. فيمكن ان يصير اتصال بين الصفيحتين بشرطتين مثل ك ول ملحومتين بهما كما

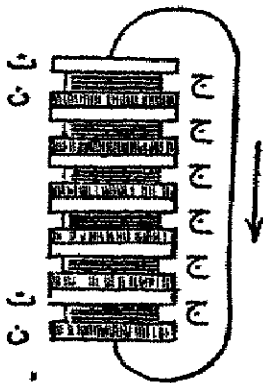
اذا تلامستا عندي وحينئذ يحصل ما يقال له دائرة كلثانية. فان الكهرباء الموجبة هي التجارية من التوتيا في السائل الى النحاس ومن النحاس على الشريطين الموصلين الى التوتيا كما يدل على الجرى بعلامة الايجاب التي في الشكل. وفي الوقت نفسه يجناز مجرى من الكهرباء السلبية ايضاً من النحاس الى التوتيا على جهة تعاكس الاولى تماماً. واتصال المعدنين يكون غالباً بواسطة شريطين من نحاس كما رايت يقال لهما يتبهما اولنهايتي اي موصل اخر يجعل الاتصال القطبتان احدهما القطبة الايجابية وهي نهاية الشريط الحامل الكهرباء الموجبة من النحاس والثانية السلبية وهي نهاية الشريط الحامل الكهرباء من صفيحة التوتيا. ولكن الكهرباء الناتجة من دائرة كلثانية بسيطة كنه في ضعيفة جداً فلنقصد زيادة القوة الكهربائية بكرر المعدنان والسائل وتتصل بعضها ببعض وتجعل دائرة واحدة فتكثر الكهرباء بتكرارها وهذا ما يقال له البطارية الكلفانية

الفصل التاسع

في البطارية الكلفانية

٢٥٤ البطارية الكلفانية هي الآلة التي تكرر فيها المواد التي تحصل منها الكهربائية الكلفانية على الأسلوب المار ذكره لأجل زيادة القوة. وهي تستعمل لأجل أعمال تقتضي قوة وافرة أو دائمة كتدوير بعض مواد لا تفعل النار فيها أو يكون فعلها فيها ضعيفا ولأجل تلبس بعض مواد بمعادن وغير ذلك كما سيأتي. وأنواعها عديدة مختلفة وسنذكر بعضها الذي يحتاج إليها في الأعمال العمومية

رصيف قولطه. وهو الذي اصطنع المعلم قولطه. فبعد ان اقتنع من تجربة الضفدعة ان علة حصول الكهرباء هي ملامسة المعدنين النحاس والتوتيا على رصيفاً من توتيا ونحاس احمر وجوخ مبلول على الأسلوب الآتي وبذلك ازدادت الكهرباء جثاً. اما كيفية اصطناع رصيف شكل ١٧٥

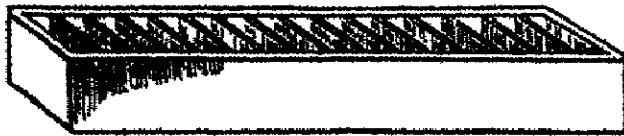


قولطه فهي كما في هذا الشكل. فان ت تدل على اقراص او دوائر من توتيا ون على اقراص من نحاس وج على اقراص من جوخ مبلول بماء الملح وجميعها من مقدار واحد وجميع هذه مرصوفة فوق بعضها النحاس أولاً من اسفل ثم يليه الجوخ المبلول ثم التوتيا والنحاس والجوخ وهلم جرا الى ان يصير الرصيف على علو قدم او اكثر وتجب المحافظة

ابداً على الترتيب الاول في كل السلسلة . فان مسستنا القرص الاسفل من الرصيف باصبع مبال من اليد الواحدة والاعلى باصبع من اليد الاخرى يُشعر بهزة اشبه بهزة القنبنة الليدنية . فتحصل كهربائية كلفانية في هذا الرصيف حينما تم الدائرة بالاتصال بين طرفيه بمادة موصلة

شكل ١٧٦

٢٥٥ البطارية المحوضية .

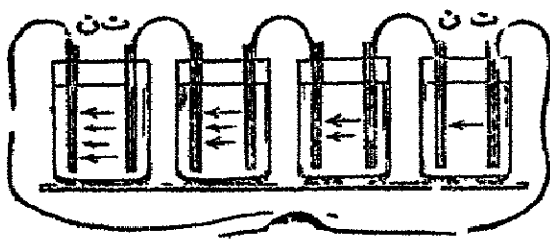


في ازواج من نحاس وتوتيا منزلة في حوض (شكل ١٧٦)

والنحاس والتوتيا متلامسان . وبين كل زوجين فتحة قيراط او قيراطين . وهذا الحوض يملأ سائلاً يفعل في التوتيا فعلاً كيمياوياً مثل مذوب كبريتات النحاس او حامض كبريتيك مخفف بماء

٢٥٦ بطارية كووس فولطه . هذه الآلة ايضاً اخترعها المعلم المذكور فانه بعد ان صنع تلك اهتم بان يصنع آلة على اسلوب فيها تكون الصفائح المعدنية عوضاً عن ان تُرصف الواحدة فوق الاخرى توضع الواحدة بجانب الاخرى قائمة على سطح الافق ومتحدة ازواجاً يتالف كل زوج من صفيحة توتيا و صفيحة نحاس متصلة ببعضها بواسطة قطع معدن مستطيلة . فرأى انه يقتضي لذلك عدة كووس من زجاج تملأ بمزيج من الحامض والملح ويوضع في كل منها صفيحة من توتيا و صفيحة من نحاس على ترتيب

شكل ١٧٧

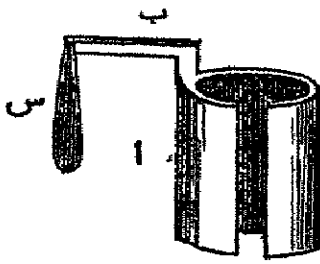


ان صفيحة النحاس في الكاس الاولى تتصل بصفيحة التوتيا في الكاس الثانية وهلم جرا مع ملاحظة حفظ الترتيب المذكور في كل السلسلة .

فان اتصلت الصفيحتان عند طرفي السلسلة بشريطين فجري الكهربائية الايجابية بحري على الشريط المتصل بالتوتيات عند الطرف الواحد الى جهة صفيحة

الخامس ن في الطرف الآخر (شكل ١٧٧) نتصبع القطبة التي تلي الطرف السلي موجبة والتي تلي الطرف الايجابي سالبة كما لا يخفى وكلما زاد عدد الكاسات والصفائح زادت بحسب ذلك القوة الكهربائية

شكل ١٧٨



١٥٧ بطارية كروف. وهي كثيرة الاستعمال فان

١١ في هذا الشكل يدل أن على احدى الاسطوانات

المركبة منها هذه البطارية . وهي مصنوعة من توتيا

علوها نحو ثلاث عقد وقطرها نحو عقدتين مكسوة

بلمغ من الزيتق ولها ثغرة على الجانب الواحد لكي ينفذ منها السائل. ولها

ذراع ب خارج منها ملحوم فيه صفيحة بلاتين مستطيلة س عرضها نحو عقدة

وطولها ثلاث بسمك التنك. والاسطوانة التوتيا هذه توضع في كاس زجاج

تحتوي على الحامض الكبريتيك المخفف بمقدار من الماء يساوي اثني عشر

مقداراً مثله. ويوضع داخلها كاس فخار مسامي اي غير

مدهون مثل د مملو بحامض نيتريك قوي. فهذه الكاس

لا تقاوم مجرى الكهرباء الا قليلاً لكون الماء يترشح منها.

وداخل هذه الكاس تدلى قطعة البلاتين المحومة في طرف ذراع التوتيا

الخارج من اسطوانة اخرى . وفي الاخرى تدلى قطعة بلاتين لاسطوانة قبلها

وهلم جراً. فتكرر الاسطوانات الى ان تصل الى العدد الذي يراد. فانه بكاس

واحدة يشعر بشاررة ضعيفة اذا لامس شريط متصل بالبلاتين بشريط

يخرج من التوتيا ولكن تزداد القوة بازدياد عدد الكؤوس. فان بطرية كروف

اذا كانت مركبة من اربع وعشرين كاساً اذ تكون كل اسطوانة توتيا متصلة

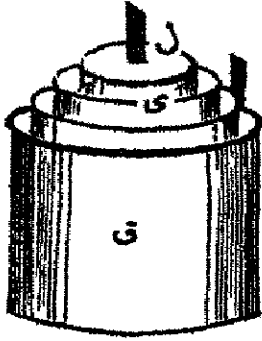
ببلاتين الكاس الثاني فلها قوة عظيمة وتم بها كل التجربات المطلوبة لايضاج

مبادئ الكهرباء الثولطائية . وينال هذه الكؤوس ازواج حلقات ايضاً

لوجود معدنين في كل منها

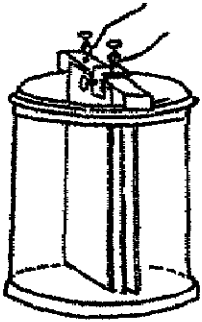


شكل ١٧٩



٣٥٨ بطارية بنصن . وهي تشبه بطارية كروف وتحوي على اسطوانة من فحم عوضاً عن رق البلاتين . وهذا الشكل يدل عليها حيث اسطوانة التوتيا موضوعة في اناء من زجاج ق وكاس الفخار ذات المسام ي داخل التوتيا واسطوانة الفحم ل مغموسة في الحامض النيتريك المحنوي في ي . وبقدر زيادة عدد الكؤوس في بطارية بنصن تزداد القوة كما في بطاريات اخر

٣٥٩ بطارية سي . وهي تستعمل غالباً لاجل الطلي . وهي مولفة من صفيحة حديد او فضة ملبسة ببلاتين ومعلقة بين صفيحتين من التوتيا (شكل ١٨٠) مغممتين بزئبق . والصفائح المذكورة تغمس في وعاء من فخار (شكل ١٨٠) يحنوي على حامض مخفف . ولها قطبتان احدهما السلبية وهي المتصلة بالتوتيا والاخرى الايجابية وهي المتصلة بالبلاتين . وستاتي الاشارة الى الطلي باللمضة او الذهب او النحاس

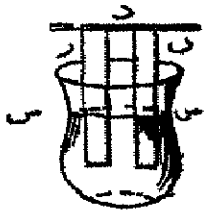


الفصل العاشر

في ملاحظات البطارية الفلطائية

٢٦٠ لاجل ملاحظات هذه البطارية خذ صفيحة من التوتيا (شكل ١٨١) عرصها عقدتان وطولها اربع عقد ولتغمس في الحامض الكبريتيك

شكل ١٨١



وفرك مقدار قليل من الزئبق عليها . ثم ضع التوتيا
المغممة في كاس زجاج س س تحنوي اثني عشر مقداراً
من الماء ومقداراً من الحامض الكبريتيك يُصبح سطح
التوتيا مغطى بالوف من فقائيع الغاز الدقيقة . وهذه
الفقائيع مؤلفة من غاز الهيدروجين الصاعد من انحلال

الماء لان اوكسجينه يتحد مع التوتيا والهيدروجين يلتصق بسطح التوتيا بطريقة
ميكانيكية . ثم اغمس في السائل صفيحة من النحاس النقي ن من نفس مقدار
التوتيا ز فلا يحدث فعل ظاهر ما لم يتصل النحاس بالتوتيا بواسطة قضيب
معدني د وحينئذ يلاحظ

(١) انه يتطاير من عند النحاس فقائيع من غاز الهيدروجين

تأتي من نحو التوتيا ولا يتطاير غاز من عند التوتيا

(٢) النحاس لا يفعل عليه السائل ولكن التوتيا تهنرى . ثم

يلاحظ ان السائل يحنوي على اكسيد التوتيا . فالماء اذن قد انحل
واوكسجينه اتحد بالتوتيا وهيدروجينه انفلت من عند النحاس

(٣) حينما يرفع القضيب د يشعر بشرارة دقيقة

(٤) اذا اتصلت الصفيحتان بواسطة شريط بلاتين رفيع

طوله نصف عقدة يصير الشريط حامياً محمراً

(٥) اذا اتصلت الصفيحتان بقضيب زجاج او مادة اخرى

غير موصلة للكهربائية لا يحصل تاثيرات كهذه . ومن ذلك يستدل

على ان القوة الصادرة هنا هي الكهربائية نفسها

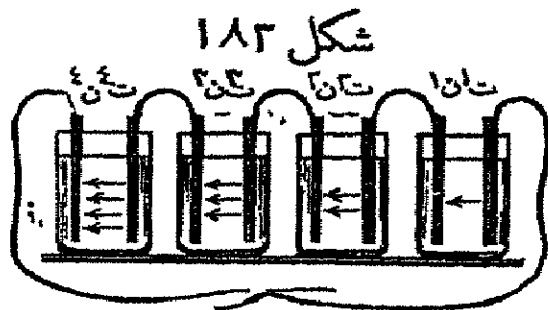
الفصل الحادي عشر

في الكهربائيتين السالبة والموجبة وقطبيتها

٢٦١ ان الكهربائية الموجبة او الزجاجية تجري من التوتيا في السائل الى النحاس ومن ثم في الشريط الموصل الى التوتيا ايضا فتكمل دائرة تامة. واما الراتنجية او السليسية فتجري في الجهة المتقابلة اي من النحاس في السائل الى التوتيا ومن ثم الى النحاس وهذا ما يقال له دائرة قلطائية بسيطة. وهذا المجرى الكهربائي صادر عن انحلال الماء واتحاد اوكسجينه بالتوتيا كما مر. ويجري الهيدروجين الى النحاس واما الهيدروجين في بطارية كروف فلا يتطاير من سطح البلاتين كما من سطح النحاس في التجربة المذكورة سابقا بل يمتصه الحامض النيتريك الذي يفقد جزءا من اوكسجينه ومن جرى ذلك يظهر بخار وافر

٢٦٢ ان الكهربائية القلوطائية قد تزداد قوتها الى ما شاء الله اذ تصنع بطارية بتركيب سلسلة مستطيلة من هذه الدوائر بحيث تكون الكهربائية الايجابية الناتجة من كل دائرة تجري الى طرف واحد من

السلسلة والسلبية الى الطرف الاخر. فهذا الشكل يدل على سلسلة من عدة



دوائر وكوثر فولطائية بسيطة

متحدة في كل دائرة مؤلفة من توتيا

ونحاس مغموسين في حامض ب

مخفف فالكهربائية الموجبة الناتجة

في الدائرة الاولى تجتمع عند ن ومن

ثم تجري على الشريط الموصل الى ت ومن هناك تنجز الى ن. ولكن الكهرباء

تنتج ايضا في الدائرة الثانية والتجمع منها على ن يتحد مع السيلال الاليجاني الذي

قد جاء من الدائرة الاولى. ثم ان كل السيلال الاليجاني التجمع على ن يمر على

الشريط الى ت ويتجمع على ن مع السيلال الاليجاني الناتج في الدائرة الثالثة.

وعلى هذا المنوال كل السيلال الموجب الناتج في الكوثر المتوالية يجري الى

جهة المادة النحاسية الاخيرة ن اذ يجري كل السيلال السلي من جهة ن الى

مادة التوتيا الاولى ت. فاذا قرب شريط خارج من ن الى شريط خارج من

ت حتى يتلامسا فكل الجري الاليجاني بعد ان يكون قد تجمع عند ن كما يدل

على جهة جريانه بالسهم الصغيرة يمر على الشريط الى ت وكذلك يمر

السلي على الشريط ب وقد تجمع عند ت الى جهة ن عكس جهة جريان

السيلال الاليجاني. فيكون طرف ب اي القطبة المتصلة بالتوتيا هي السالبة

وقطبة ا المتصلة بالنحاس هي الموجبة لما مر. فاذا حسبنا ان كل جزء من

السلسلة ينتج كمية متساوية من الكهرباء لكمة اي جزء سواء من البطارية

تماما فالجري يزداد بنسبة زيادة عدد الاجزاء في البطارية

الفصل الثاني عشر

في الفرق بين كهربائية الفرق والكهربائية الكلفانية

٢٦٣ ان الكهربائية الكلفانية التي تحصل بفعل كيميائي لاشك انها من نفس نوع الكهربائية التي تنهيج بالفرق كما تبرهن (رقم ٢٦٠) غير ان الاولى تختلف عن الثانية بكونها اقل كثافة وقوة منها . فبطارية كلفانية ذات خمسين حلقة لا تجعل الا تباعدًا طفيفًا في الكترومتر ورق الذهب . وانما شرارة فقط من الالة الكهربائية فعلها بالالكترومتر اقوى جدًا من فعل البطارية المذكورة . وبطارية كلفانية ذات الف زوج من الصفائح لا تدفع جسمًا دفعًا كهربائيًا بمقدار ما يدفعه قضيب صغير من الشمع الاحمر المهيج بفرو . ويتضح لك ذلك من النظر الى الحرارة فان مقدار الحرارة في غرفة دافية هو اعظم جدًا منه في هيب مصباح مع ان الاولى مقبولة والثانية ان مست تسبب الماء مبرحًا بعظم كثافتها . ومثل ذلك قد يملا الجسم بمقدار من الكهربائية الكلفانية بدون اذى مع انه لو كان بكثافة كهربائية الفرق لآباد الحيوة . ومن هذا الفرق في الحجم او الكثافة ينتج ثلاثة امور

(١) دوام مجرى الكهريائية الكلفانية. فالكهريائية الكلفانية اذ تكون ذات حجم متسع وقوة ضعيفة قد يدوم مجراها اللطيف ساعات عديدة. اما كهريائية الفرك اذ تكون صغيرة الحجم عظيمة الكثافة وبالشيجة قوية الفعل تمر في الاجسام التي تعترض لها حالا وقوة شديدة

(٢) ضعف اجيازها في الاجسام غير الموصلة. فانها اذ كانت ذات قوة ضعيفة تسير الوقا من الاذرع في شريطة معدن ولا تجناز غطاء دقيقا من حرير تنفصل به الشريطة مع ان ذلك ليس الا مانعا ضعيفا في طريق كهريائية الفرك

(٣) قلة استطاعتها ان تمر من موصل الى اخر يحاورها. فلاجل حصول مجرى يقتضي اولاً ان تجعل قطبتا الدائرة الفلطائية في التماس الاعتيادي او ان تكون احداها قريبة جداً من الاخرى. ثم بعد ذلك قد تفرق القطبتان كثيراً او قليلاً حسب كثافة البطارية بدون انقطاع المجرى

تنبيه. ان ازدياد مقدار الصفائح المعدنية في بطارية فولطائية يزيد مقدار الكهريائية لا كثافتها وازدياد عدد الصفائح يزيد كثافتها لا مقدارها ولا يخفى على الفطن ذلك ما مر

الفصل الثالث عشر

في قوات الايصال للموصلات والمناغيل الكيمائية للجري
الفلطاى

٢٦٤ ان قوة الايصال في المواد الموصلة للكهرباء تختلف

باختلافها . وتعرف قوة موصل من مقاومته للجري الكهربائي . ويراد بمقاومته له افلاته جانباً منه . وقد عرف بالتجربة ان مقاومة موصل واحد معدني لجري كهربائي يختلف بالاستقامة كطوله وبالقرب كقطره . وفي معدنين مختلفين من طول واحد وقطر واحد بمقدار ما تكون مقاومة احدهما لمرور الكهرباء اقل من مقاومة الاخر تكون قوته للايصال اعظم وبالعكس فتختلف قوة الايصال في الموصلات بالقلب كمقاومتها للجري الكهربائي وقد اصطنع الجدول الآتي بحسب ذلك وفيه تظهر نسبة قوات الايصال لمعادن مختلفة اذ تحسب قوة الايصال للنحاس ١٠٠

١٨	الفصدير	١٠٨	الفضة
١٦	البلاتين	١٠٠	النحاس
١٦	الحديد	٨٣	الذهب
١٠	الرصاص	٢٢	التوتيا
٣	الزئبق	٣٠	النحاس الاصفر

فيظهر من ذلك ان شريطاً من نحاس طوله ١٠٠ قدم يقاوم مجري كهربائياً نفس المقاومة التي يقاومها شريط من بلاتين طوله ١٦ قدماً او من رصاص طوله ١٠ اقدام اذا كانا من ثخن واحد

اما قوة السائلات للايصال فتعرف نسبتها من الجدول الآتي اذ بحسب كبريتات النحاس ١٠٠

منجج كبريتات النحاس ١٠٠

الحامض الكبريتيك الذي ثقله النوعي ١٠٢ ٢٥٤

الماء الذي فيه ٢٠١ من ملح الطعام
الماء المقطر ٥٢
 $\frac{1}{4}$

وانما قوة الايصال للسائلات فهي صغيرة جدًا بالنسبة الى تلك التي للمعادن. فان قوة الايصال للنحاس هي ١٦٠٠٠٠٠٠ مرة اعظم من التي لمنج من كبريتات النحاس غير انه بزيادة مساحة قطع السائل الموصل يمكننا ان نجعل قوته في الايصال مساوية لتي للعدن. فان اسطوانة نحاسية قطرها عقدة لها قوة للايصال مثل قوة اسطوانة ماء ملح قطرها ٥٠٠ قدم ٢٦٥ من مفاعيل المجري القلطائي انه اذا مر على شريط معدني صغير محمي الشريط وان كانت كثافة المجري وافية يذوب الشريط او يحترق. ونفس المجري الذي يرفع درجة الحرارة قليلاً في شريط من قطر معلوم يجعل شريطاً اذق منه مشتعلًا الى درجة الايضاض و يذوب او يحرق اخر اذق من الثاني ايضاً

اذا انصل قطبنا بطارية كروف المولفة من ٢٤ زوجا بشريط دقيق من حديد او بلاتين طوله قدم فالشريط يحترق ويحترق. فان نقص طوله او سمكه يذوب او يحترق. ثم ان نفس المجري الذي يرفع درجة الحرارة قليلاً لشريط من الفضة او النحاس يذوب شريطاً من البلاتين من نفس طوله وسمكه

٢٦٦ ومنها الاحراق. فان الحرارة التي تظهر من المجري القلطائي قد تستعمل لاحراق مواد تشتعل او تلتهب فاذا قرب شريط من بلاتين محمي بمجري فولطائي الى وجه الاثير او الكحول يشتعلان حالاً او اذا قرب الى بارود يلتهب حالاً. واذا ادخل شريط

صغير من ثلاثين في علبة من البارود ومرّ الجرى الفلطي في الشريط يحى فيلتهب البارود . وقد يمكن ان يلتهب البارود عن بعد نصف ميل او اكثر من البطارية . واذا انفصلت شرائط موصلة بصمغ هندي شديد الجمودة وغمست بالماء يظهر ذلك الفعل بسهولة تحت الماء . وبحسب هذا المبدأ قد اكملت جملة اعمال مفيدة تتعلق بمصالح مساحية كعمل الطرقات وخلافها

الفصل الرابع عشر

في النور الكهربائي والهزة الكهربائية

٣٦٧ انه اذا وجد سيال كهربائي بكثرة يُصحب غالباً بنور . ولا فرق في الجوهر بين النور الناتج من الجرى الفلطي والناتج من الآلات الكهربائية . فكما يقال عن احدهما يقال عن الاخر غير ان نور الجرى الفلطي يدوم مدة دوام الجرى الذي يبقى برهة مستطيلة والنور الناتج من كهربائية الآلة يزول سريعاً بزوال مجراه

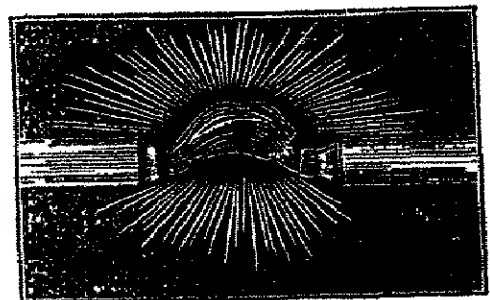
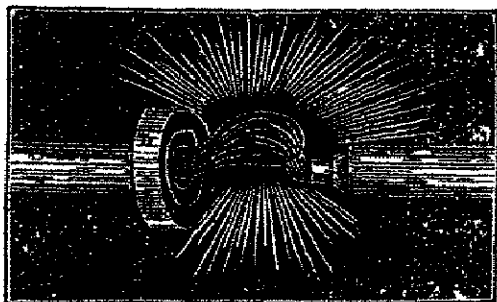
اذا اتحد الشريطان المتصلان بقطبي بطارية تظهر شرارة بيضاء مصحوبة بأزيز . واذا غمسنا طرف احدي الشريطين في وعاء زيتي وقربنا

الآخر الى وجه المعدن ترى شرارة لامعة. واذا ربطنا شريطاً دقيقاً من فولاذ باحدى قطبي البطارية وقربنا الشريط الى سطح الزيت المتصل بالقطبة الاخرى. بحيث يلامسه يحترق الفولاذ حالاً. وقد يُحرق زئبرك ساعة من فولاذ على هذا الاسلوب. وان صب ماء على الزيت فقد تظهر الشرارة من سطح الزيت تحت الماء

٣٦٨ ان النور الكهربائي الاسطع ما يكون الذي يمكن اصطناعه هو ما يحصل حينما نتخذ قطبتنا البطارية بقطعتين من فحم صلب كفحم السندجان وهتان القطعتان من الفحم تصنعان على هيئة قلي رصاص طول كل منها عقدة ونصف او عقدتان وتربط الواحدة منها بالشريط الواحد والاخرى بالآخر من البطارية راس الواحدة يقابل راس الاخرى كقطبتين. واذا كان الفحم موصلاً غير تام يجعل منيراً جداً بواسطة الجرى. واذا انفصلت النقطتان

١٨٤

شكل ١٨٣



الى بعد قصير يمر لهيب مضيء بينهما كما يدل عليه (شكل ١٨٣). واذا قُرب الى هذا اللهب قطبة قطعة مغناطيس يتخذ هيئة منحنية وفعل المغناطيس قد يكون قوياً حتى انه يطنى اللهب جميعه. وهذا النور الناتج في هذه التجربة لا يستلزم وجود مادة محترقة. لان الاشتعال قد يكون اغزر في الخلاء او في اي غاز غير قابل للاحتراق. واذا وضع في مكان احد قلي الفحم قطعة من الفحم على هيئة كاس صغيرة كما نرى في (شكل ١٨٤) ووضعنا قطعة صغيرة

من الذهب أو البلاتين فيها فتقرب القلم الآخر إليها يذوب المعدن او يحترق بكثافة اللهب الكهربائي

٢٦٩ ثم اذا ارسل المجرى الفلطاقي على ورقة معدن رقيقة يحترق المعدن ويختلف لون اللهب باختلافه . فان ورقة الذهب تشتعل بنور ابيض يضرب الى الزرقة ويجعل أكسيداً ذا لون بني غامق . واما ورقة الفضة فتشتعل بلهب اخضر زمردي لامع والتوتيا بنور ابيض باهر . واما النحاس فيشتعل بلهب مخضر يضرب الى الازرقاق يصعد منه دخان اخضر

٢٧٠ ثم ان النور الكهربائي يختلف طوله ولونه وهيئته باختلاف طبيعة الموصلات التي يمر بينها شرار وباختلاف المادة المتوسطة بين الموصلات . فاذا كانت الموصلات افضل للايصال فالشرار الكهربائي يكون اسطع . لان الشرارة الماخوذة من الموصل الاعظم بواسطة كرة معدنية كبيرة هي قصيرة مستقيمة مبيضة وبواسطة كرة صغيرة هي اطول وفي طريق ذي تعاريج . والماخوذة بعقدة الاصبع التي هي اقل قوة في الايصال تكون ارجوانية او ذات لون احمر فاتح . والماخوذة بواسطة الخشب او الثلج او النبات الرطب او الماء هي حمراء . واذا قربنا كرة صغيرة من الكرة التي في الطرف الموصل الاعظم يحصل شرارة اطول ما اذا قُرِبَت الى الموصل نفسه . والشرارة الاطول والاكثر تعاريج تحصل بتقريب تفاحة البجرة الليدنية الى كرة الموصل الاعظم . والسيال يجناز من نقطة مكهربة ايجاباً على هيئة حزمة او قلم من الاشعة ومن نقطة مكهربة سلباً كنج منير

وقد وجد بالامتحان ان الشرارة الكهربائية تجناز باكثر سهولة في الهواء المتربط وفسحة الاتصال بين الموصلين تزداد بحصر الهواء . ففي انبوبة تجناز شرارة في فسحة اربعة اقدام او اكثر عوضاً عن فسحة خمس او ست عقد في الهواء التي هي فسحة الاتصال الاعيادية

٢٧١ وأما الهزة الكهربائية فإذا بلل شخص يديه بماء مالح ومسك الشريطين المتصلين بقطبتي بطارية يشعر بهزة شديدة مشنجة للأعصاب والعضلات حينما يبتدي المجرى أن يجري وإيضاً حينما يبطل . وأما في أثناء ذلك مدة بقاء المجرى يشعر بسلسلة هزات متوالية كل منها أخف من التي قبلها

واعلم أن شدة الهزة تتوقف على عدد الصفائح في البطارية وليس على مقدارها . فلكي نجعل تأثيراً يشعر به يقتضي لذلك من عشر إلى خمس عشرة من الصفائح . وبطارية ذات خمسين إلى مئة زوج تحدث تشنجات شديدة للأصابع والذراعين والصدر . وإذا كانت كثيرة على إحدى اليدين يشعر باحتراق في تلك اليد . وإذا عدة أشخاص بللوا أيديهم بماء مالح ثم وصلوا أيديهم بعضها ببعض كما تقدم القول في الكلام على البطارية يهتز كل الصف بفتة . ويمكن حصر الهزة بسهولة في أي جزء شئنا من البنية الانسانية وقد عرف من الأخبار أنها نافعة لبعض أنواع الأمراض

ثم أنه إن مرَّ مجرى بطارية فولطائية في جسم إنسان أو حيوان قد زالت منه الحياة حديثاً تنقبض عضلاته انقباضاً شديداً وتقلص . وهكذا تجعل الذراعين والساقين تتحرك بسرعة والعينين تنفتح وتنطبق بينما اللم وكل تكاوين الوجه تتحرك كأنها تتكتمش من الوجد

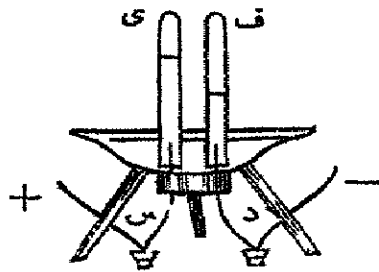
الفصل الخامس عشر

في مفاعيل الكهربائية والكيمائية والميكانيكية وسرعتها

٢٧٢ انه من مفاعيل الجري الفلطايني اذا كان ذا كثافة كافية ان يحل سائلاً مركباً الى عناصره اذا جعل يمر فيه . وتلك العناصر يظهر انها تتحرك حيثئذ الى جهات متضادة احدها في جهة الجري الايجابي والاخر في ضدها . والواحد يفلت عند القطبة الايجابية والاخر عند السلبية

ان الماء مركب من غازين اوكسجين وهيدروجين على نسبة حجم واحد من الاوكسجين وجمعتين من الهيدروجين .

شكل ١٨٥

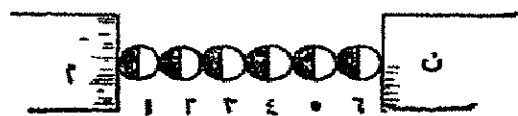


خذ انبوتي زجاجي وف مسدودتين عند الطرف الواحد واملاهما بحامض مخفف . واقرب الانبوتين ساداً الطرفين المفتوحين بحاجز لكي لا ينصب الحامض . واغمسهما في وعاء يحتوي

ايضاً حامضاً مخففاً وارفع الحاجز . ولتحد الشريطتان س ود بقطبي البطارية الفلطاينية اذ تدخلان قليلاً في الانبوتين ي وف . فحالا تتصل الدائرة الفلطاينية يخرج فتاقيع غاز من رؤوس الشريطتين ويصعد في الانبوتين ي وف غير انه يجمع في انبوبة واحدة مضاعف ما يجمع في الاخرى . ولما

تجمع كمية كافية من الغاز فان اطفانا مصباحاً صغيراً وادخلناه الى الانبوبة
ي حالما ينطفئ ضوءه يعود يتصوفاً. وذلك دليل على ان الانبوبة قد احتوت
او كسجين. وان مزجنا كمية صغيرة من هواء المجلد مع الغاز في الانبوبة ف
وقربنا لهيباً تحصل فرقة ومن ذلك يستدل على ان هذه الانبوبة قد احتوت
هيدروجين ايضاً لان نيتروجين الهواء اذ يجمع مع الهيدروجين يتفرق
بالاحتراق كما يعرف من علم الكيمياء

٢٧٣ وقد عُلِّ عن ذلك بعضهم تعليلاً ظريفاً كما يأتي ليكن او ٢ او ٢
الخ دالة على سلسلة من دقائق الماء كل منها مركب من ذرة او كسجين متحدة مع
ذرة هيدروجين. فان ادخلنا الكهرباء الموجبة الى السائل عند م اذ تكون
السالبة عند ن تحل الموجبة الدقيقة الاولى ١ من الماء وذرة الاوكسجين تفلت
الى الانبوبة فوقها بينما ذرة الهيدروجين تتحد مع او كسجين الثانية ٢ وهيدروجين
الدقيقة ٢ يتحد مع او كسجين ٢
وهيدروجين ٢ مع او كسجين ٤
وهلم جراً الى الدقيقة السادسة



التي يفلت هيدروجينها. واما القطبة السالبة فبالعكس لانها اذ تحل الماء
تفلت الهيدروجين الى انبوتها وترسل الاوكسجين الى الموجبة وعلى هذا الاسلوب
يحصل انحلال وتجدد تركيب دائمين لدقائق الماء في كل الخطبين القطبيين
ولكن عند القطبتين تفلت الاجزاء وبواسطة المجرى الفلطي قد حلوا اجساماً
عديدة مركبة

٢٧٣ الطلي. ومن مفاعيل المجرى الفلطي الطلي او التويه.
وهذه الشهرة من انفع اثمار الكهرباء. لانه بواسطة المجرى الكهربائي
يمكن ان يلبس اي جسم كان باي معدن شئنا. فالمجرى الكهربائي

إذا واسطة للتركيب كما أنه واسطة للحل كما تقدم . فقد تطلّى به
بعض أواني معدنية أو غير معدنية دنية القيبة بذهب أو بفضة
أو بنحاس

أما طلي الفضة أو النحاس بالذهب فهذه قاعدته . خذ مزيجاً
ثلثه من حامض النيتريك وثلثاه الباقيين من حامض الميوراتيك
أو الهيدروكلوريك وضع فيه من الذهب مقدار جزء من اثني عشر
من المزيج . ثم احم المزيج بعد وضع الذهب قليلاً في وعاء من زجاج
أو فخار صيني عال فيذوب الذهب حيثئذ في الحامض . ثم جفّفه
إما بواسطة الغليان أو بتعرضه لحرارة الشمس . وبعد أن يجف اسكب
له مقداراً من الماء المقطر أو الصافي يساوي ستين ضعف الذهب
في المزيج أي إذا كان الذهب درهم اسكب من الماء ستين درهم
وهلمّ جرّاً وضع أيضاً في المزيج من سيانور البوتاسا مقدار أربعة
اضعاف الذهب . ثم احفظ المزيج في مكان مقدار أربعة وعشرين
ساعة أو أكثر لكي تصفى فيكون بعد ذلك معدّاً للطلي . ولكن حينما
تبتدي بالطلي يقتضي أن تسخّنه إلى نحو ١٢٠° فهرنهايت . فإذا
أردنا أن نطلي ملعقة فضة بذهب مثلاً فالملعقة يجب أن تربط
أولاً بقطبة البطارية السالبة أي المتصلة بالتوتيا إذا تربط سبيكة
من ذهب بالقطبة الموجبة وإذا كانت البطارية من كوروس فولطه

يقتضي ان تكون ذات ست حلقات . ثم يغوص كلاهما في المزيج الذي قد أُعدَّ للطلاء . فبعد تشغيل الآلة ينخل المزيج والذهب ينفرش كغشاء على الملعقة . ثم يتجدد المزيج بواسطة الكهرباء مع جزء آخر من سبيكة الذهب المربوطة بالقطبة الموجبة عوض الذهب الذي قد خسر . فيحفظ المزيج بحالة واحدة من القوة الى ان تنتهي السبيكة

اما طلي النحاس او خلافيه بالفضة فقاعدته . خذ مقداراً من الفضة وضعة في خمسة مقادير من الحامض النيتريك المخفف بمقدارٍ مثله من الماء فتكون كمية الحامض المخفف عشرة اضعاف الفضة . واحم المزيج قليلاً في وعاء من زجاج حتى تذوب الفضة . ويقتضي الاحتراز من تنفس الغاز الخارج حيثئذٍ لانه مضر . ثم اصف الى المزيج الحاصل مثله من الحامض الميوراتيك لكي ترسب الفضة في القعر على هيئة رسوب ابيض . وبعد كم دقيقة اذ يرسب جيداً اسكب الماء عنه وضع فيه ماء نظيفاً وبعد ان يرسب اسكب الماء ايضاً وهكذا الى ان يتغسل اربع او خمس مرات . ثم ضع في الراسب المشار اليه مقداراً من الماء الصافي اربعين ضعف الفضة الموضوعة للمزيج واصل الى ذلك من سيانور البوتاسا ثلاثة اضعاف الفضة واحفظ المزيج مدة ٢٤ ساعة . ثم بعد ذلك صفه بالورق النشاش

او خلافه فيكون معداً للطلاي. فيُطلى ما يراد طليته بغهسه في المزيج
المعد مربوطاً بالقطبة السالبة من بطارية كهربائية مع سبيكة من
الفضة مربوطة بالقطبة الموجبة منها على اسلوب الطلي بالذهب
اما طلي بعض المعادن او المواد بالنحاس فقاعدته ان تاخذ
مقداراً من الماء وتذوّب فيه كبريتات النحاس اي الشب الازرق
حتى يشبع المذوّب اي لا يعود يذوب فيه الشب. ثم صب في
المذوّب نحو نصفه من الماء. ولا بأس من وضع كم نقطة من
الحامض الكبريتيك معه وابقه ٢٤ ساعة فيصير معداً للطلاي فتطلي
المواد منه على اسلوب طلي الذهب او الفضة كما مر. غير انه اذا
اردنا ان نطلي جسماً غير موصل ندهنه بغبار البلماجين. وعلى
ذلك يمكن ان تطلى بعض اواني خشبية باي معدن شئنا

٢٧٤ الالكتروتيب. ومن قبيل الطلي اصطناع اوجه الطبع
النحاسية الذي يقال له الكتروتيب. وطريقة ذلك ان يؤخذ
قالب من شمع عن حروف نافرة محفورة في خشب او عن وجه
مركب من حروف المطبعة. ثم يدهن القالب بمسحوق البلماجين
ويوضع في مزيج من كبريتات النحاس متصلاً بالقطبة السالبة
من البطارية الفلطاية ثم تربط سبيكة من نحاس بالقطبة الموجبة
وتوضع ايضاً في المزيج. فيفعل المجرى الكهربائي ينخل مزيج كبريتات

النحاس الى حامض كبريتيك ونحاس ويتجمع النحاس على القالب.
ثم يترك الحامض الكبريتيك مع جزء من نحاس السيكة فيه
وهكذا يدوم العمل مدة دوام الجرى الكهربائي على اسلوب الطلي
بالذهب والفضة كما ذكر ويبقى القالب في المزيج الى ان يكتسي
بغشاء متين من نحاس. وبعد تذويب الشمع عنه يصب فيه
من قفاه قليلاً من مزيج الرصاص والقصدير المذوب لاجل ثبات
الحروف ثم توضع بعض من القوالب المذكورة في مصب حديد
مقلوبة ويصب الرصاص في المصب الى ان يطغى على القوالب
وعملها وعلو عليها حتى يصير بسبك كاف. وبعد ان تبرد تفصل
القوالب عن بعضها بمنشار. ويجب ان يجعل لكل قالب برواز
بعلو الحروف حتى يلتقى على المصب ويحفظ الحروف المرسومة على
القالب من دخول الرصاص اليها ولصقه عليها اذ يكون القالب
في المصب مقلوباً

٢٧٥ واما المفاعيل الميكانيكية للكهربائية سواء كانت
فلطائية او حاصلة من الفرق فاذا فرغنا امتلاء قوياً على موصلات
غير جيدة تنتج مفاعيل ميكانيكية كالثقب والتمزيق والتكسير
ارباً ارباً. وهذه المفاعيل تستلزم تدافعا شديداً بين الدقائق المكهربة.
فان الهواء يتمزق بتفريغ كهربائي اذ تدفع الدقائق بعضها بعضاً

في خط المجرى ولذا هذا السبب يصحب تفريغ جرة ليدنية تفرقع قوي

واله المعلم كنرسلي التي ترى في (شكل ١٨٧) تبين تأثير هذا التمزق السريع للهواء. فان القضيبين عند راس الآلة واسفلها اذا اتحدا بغشاء في القنينة الليدنية المتانة يحصل تفريغ وتنفذ الشرارة بين تفاحتي القضيبين داخلاً في الهواء المحصور وتسبب تمزيقاً في الهواء بينهما وانضغاطاً وراء التمزيق وذلك يسبب انضغاطاً سريعاً على الماء اذ يرفعه الى فوق في الانبوبة الصغيرة. وان أُطلق امتلاء في كرتونة او اوراق مختلفة السمك فانه يثبثها جاعلاً لها حدوداً بارزة على كلا الجانبين . ويمكن ان يثقب الزجاج ثقباً ضيقاً على هذا الاسلوب غير انه اذا كان الامتلاء اقوى ما يقتضي فالارجح حيث ان الزجاج



يتكسر ارباباً. وكذلك الخشب الصلب وقوالب السكر ومواد اخر قابلة الانكسار غير موصلة تتكسر ارباباً بامتلاء بطارية. واذا ارسل الامتلاء في موصل فلا يظهر له تأثير غالباً لانه يتوزع على سطح الجسم كله في مروره. فيكون تدافعه قليلاً. وانما اذا جعل الموصل سلكاً دقيقاً كخيوط الزيت في انبوبة الترمومتر مثلاً تحصر القوة حيثئذ في مساحة قليلة وتلي دقائق فتباعد عن بعضها وتكسر الانبوبة ارباباً

٢٧٦ واما سرعة الكهرباء فهي عظيمة جداً حتى لا يشعر بوقت عند مرور تفريغ في حلقة الا اذ كانت على مسافة قاصية جداً. وقد جعل حلقة من شريط طوله نحو اربعة اميال فلم يشعر

بوقت التفريغ . ونحن نتوهم ان البرق الذي هو نور كهربائية المجلد
كما سيأتي يذهب من الغيوم الى الارض ولكنه بالحقيقة يرى كل
خط البرق في لحظة واحدة لاننا بامعان النظر قليلاً نشعر به صاعداً
كما نشعر به نازلاً . فلا نقاس سرعة الكهرباء الاً بادق الآلات .
وقد اكتشف المعلم هو يتستون ان كهربائية الفرق تسري على شريط
نحاسي قطره جزء من خمسة عشر جزء من عقدة بمعدل ٢٨٨٠٠٠
ميل في الثانية فيكون اسرع كثيراً من النور . واما سرعة الكهرباء
الكلفانية المستعملة للتغراف فمعدلها ١٦٠٠٠ ميل في الثانية

الفصل السادس عشر

في اطلاق لفظ السيال على الكهرباء والبحث عن مذهبي دوقاي
وفرانكلين

٢٧٧ فيما مر كنا نسمي الكهرباء احياناً بالسيال الكهربائي
وهذه التسمية توهم انها مادة سيالة . وتوجد اسباب تحملنا على ان
نتوهمها سيالة ذات زخم وتلك الاسباب هي القوة التي بها تحطم
الكهربائية اصلب المواد والصوت الذي يصحب مرورها في الهواء .

وخطا النور الذي يظهر اثر مجراها ومجري الهواء الذي يصدر من موصل مروّس عندما تجري الكهرباء منه وجاذبيتها وتداقها وتوزيعها بغير التساوي على سطح موصل وانحصارها على سطح الاجسام بضغط الجلد وتجمعها في القنينة الليدنية وغير ذلك . وانما هذه الظروف تدل فقط على فعل قوة التدافع السريع المؤثر في دقائق المادة القريبة من خط التفريغ الكهربائي . ولما كانت الكهرباء غير قابلة الوزن لان الامتلاء الكهربائي لا يزيد ثقل الجسم شيئا فلا دليل يؤكد لنا او يرجح كونها مادة

٢٧٨ قد ذكرنا في ابتداء الكلام على الكهرباء ما ذهب اليه دوفاي وما ذهب اليه فرانكلين ولا باس من مراجعتها الان لاجل البحث عن الاختلاف بين الطائفتين من الفلاسفة اللتين اتبعتا مذهبيهما

اما فرانكلين فذهب الى انه يوجد سيال كهربائي واحد وان الجسم في حالته الطبيعية فيه امتلاء معين من هذا السيل الذي يبطل تدافعه بالجاذبية الفاعلة به من الجسم . وانه حينما يكون في الجسم اكثر من مقداره الطبيعي من الكهرباء يقال انه قد تكهرب ايجابا وحينما يكون فيه اقل من مقداره الطبيعي يقال انه قد تكهرب سلبا وان الاجسام المتكهربة سلبا تتدافع كالمكهربة

إيجاباً فيكون مذهباً مبنياً على الثلاثة اصول الآتية وهي

(١) الكهرباء تدفع الكهرباء

(٢) الكهرباء تجذب المادة

(٣) المادة عندما تكون غير مكهربة تدفع المادة

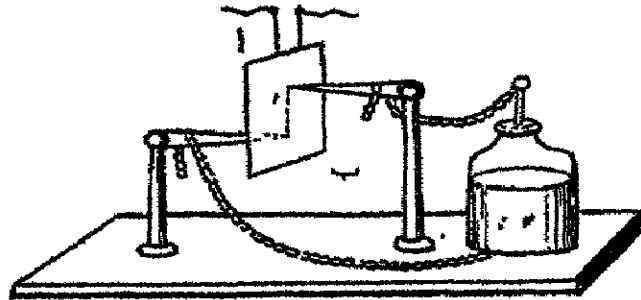
وبموجب هذه الثلاثة اصول يوضح فرانكلين ومن ذهب
مذهباً كل افعال الكهرباء

اما دوفاي فذهب الى انه يوجد سيالان كهربائيان يسميان
لاجل تمييزهما السيال الزجاجي والراتنجي وسي الاول بالزجاجي
لكونه ينتج عن فرك الزجاج والثاني بالراتنجي لكونه ينتج عن فرك
المواد الراتنجية كالشمع الاحمر. وان كلا من هذين السيلين
يدفع نفسه ويجذب السيال الاخر. وانها اذا اخترقا جسماً بمقادير
متساوية يبطل احدهما فعل الاخر ويقال ان الجسم حينئذ غير
مكهرب

٢٧٩ وقد احتج اتباع دوفاي على اتباع فرانكلين لتأييد
مذهبهم بقولهم ان اثر مرور مجرى في ورق او كرتون من قتيعة ليدنية
من الجانب الايجابي الى الجانب السلبي ومن السلبي الى الايجابي
دليل على وجود السيلين

لانه اذا لَوْنَت الكرتون اب بكبريتيد الزينك المعروف باسم فرميلوم

ووضعت بين سناني المطلق العام كما في (شكل ١٨٨) اللذان يبعد أحدهما
شكل ١٨٨



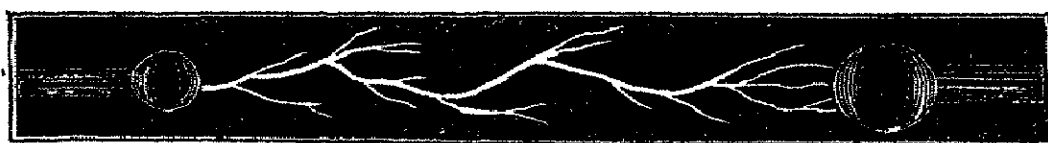
عن الآخر نحو عقدة ومراً امتلاء قنبلة ليدنية فالكرتونة تثقب ويرى على
جانبي الثقب كليهما حذان بارزان يستدل منها على زخم مجريين من جهتي
الايجاب والسلب المتقابلين الآن حد الثقب الذي يفعل فيه الجري السلي
اقل بروزاً من الذي يفعل فيه الايجابي وذلك دليل على ان الهواء له اشد
مقاومة على الجري السلي مما على الجري الايجابي

ورداً اتباع فرانكلين ان بروز حدي الثقب على الجانبين لا
يستلزم فعل مجريين وانما لكون الدقائق على جانبي الثقب قد
ملئت بالكهربائية تدفع بعضها بعضاً من الجانبين فيحصل هذا
الآثر

٢٨٠ ثم احتجّت هذه الطائفة انه اذا وُضع قضيبان من شمع
احمر متوازيين على مائدة المطلق العام ووضعت بينهما كرة من لب
السيستان على منتصف البعد بين سناني المطلق وصارت تفرغ
لطيف من احد السننين الى الآخر تجري الكرة من جهة السنان
الايجابي الى السلي. وانه اذا وُضع مصباح بين سناني المطلق العام

يهب دائماً من الجانب الايجابي الى السلي . فاذا ذكر وغيره مما يشبه دليل على انه يوجد سيال واحد فقط وانه دائماً يتحرك من الجانب الايجابي من القنينة الى الجانب السلي
وردد هذا الاحتجاج اصحاب مذهب دوفاي بقولهم ان كل ذلك ناتج عن كون مقاومة الهواء للكهربائية الراتنجية اشد مما هي للزجاجية

٢٨١ ثم احتجوا انه يخرج مجرى كهربائي من راس تكهرب سلباً كما من راس تكهرب ايجاباً . فاذا اتصل موصل مروس بالفارك المنفصل من آلة كهربائية تندفع كرة من لب السيسبان بمجرى الكهرباء الذي يخرج من راس الموصل
فاجاب اتباع فرانكلين ان ذلك ناتج عن كون المادة المسلوقة الكهربائية تدفع بعضها بعضاً
شكل ١٨٩



٢٨٢ ثم قال هؤلاء ان هيئة الشرار الكهربائي دليل على حركة سيال واحد صادر من الموصل الايجابي الى السلي . لان الشرارة من آلة كهربائية قوية التي تظهر متشعبة في كل

الجوانب نتيجه من جانب الموصل الايجابي الى السلي كما يرى في
(شكل ١٨٩)

ورُدَّ احتجاجهم هذا ان ذلك ليس الا نتيجة كون مقاومة
الهواء للكهربائية الايجابية اقل منها للراتنجية كما قد تقرر
٢٨٢ وقال اتباع دوفاي اذا اخذت شرارة من آلة اعنيادية
فاطراف الشرارة هي غالباً المع من الوسط ومن ذلك دليل على
ان الجزء الاوسط الضعيف النور هو مكان اجتماع الكهربيائتين
حيث تبطل احدهما فعل الاخرى

ورُدَّ عليهم ان السيل الكهربائي بداعي مقاومته نفسه يمتاز
من دققة الى اخرى بجارٍ تشعب من كل دققة فيترك بهذا
التوزيع نوراً ضعيفاً في الجزء الاوسط من الشرارة فلا دليل هنا
على وجود سيالين. ولها مناقشات كثيرة غير هذه لا محل لذكرها
هنا ولما كان لكل من الفئتين احتجاج وللأخرى رد مقبول فلا
سبيل لتعيين ايها الاصح بل انما ذلك من الامور الخفية في الطبيعة.
غير اننا من الالتفات الى هذه الحقيقة وهي ان الكهربيائية الراتنجية
تستقر كالزجاجية على سطح موصل وتمتد على الموصل بموجب
ناموس الكهربيائية الزجاجية نرجح وجود سيال كهربائي راتنجي
حقيقة كوجود سيال زجاجي

الفصل السابع عشر

في كهربائية الجلد والوقاية منها

٢٨٤ ان كهربائية الجلد التي تنتج البرق والرعد والصواعق والكهربائية التي نجعلها بالالة ماهيتها واحدة. وقد اثبت هذا الامر الفيلسوف فرانكلين الكهربائي وذلك بواسطة اطلاق طيارة في الهواء ربط فيها عودين من ارز على هيئة صليب وربط فيها شريطة مروسة وعند اتيان نو كان يطير الطيارة. ثم علق مفتاحا في طرف الخيط المصيص وربط طرف الخيط في عمود من خشب بواسطة تحرير من حرير. ثم اذ تبلل الخيط المصيص من وقوع المطر عليه قرب عقدة اصبعه الى المفتاح فنال مجرى من الشرار الساطع. ثم من تجربات كثيرة مختلفة ظهرت له المشابهة التامة بين الصاعقة او البرق والكهربائية. وعند ذلك تاكد كونها من جنس واحد واما اوجه المشابهة التي ذكرها في

(١) هيئة البرق ذات التعارج تطابق هيئة ممر الشرار الكهربائي القوي في فسيحة من الهواء

(٢) الصاعقة تقع غالبا على الاشجار العليا كقمم الجبال ورؤوس

وصواري المراكب والأشجار العالية والأبراج والمنائر والصوامع والمآذن وقبب
الاجراس وهم جراً . وهذا السيل الكهربائي اذا انتقل من مادة الى اخرى
بخنار دائماً الرؤوس العليا كما مر

(٢) قد لوحظ ان الصاعقة تهجم غالباً على المواد الجيدة لا يصل
الكهربائية كالمعادن والماء والاجسام الرطبة وانها تتجنب غير الموصلة
كالكهربائية التي تجمع بالآلة

(٤) الصاعقة تضرم الاجسام القابلة للاشتعال وذلك من مفاعيل
الكهربائية

(٥) المعادن تذوب بتفريغ قوي من الكهربائية وهذا الامر احد مفاعيل
الصاعقة الاكثر وقوة

(٦) تلاحظ المشابهة بينها في تكسير الاجسام القابلة للتكسير

(٧) قد عرف ان الصاعقة تضرب الناس بالعمى وقد وجد المعلم فرانكلين
ان للتفريغ الكهربائي القوي نفس هذا العمل

(٨) الصاعقة تُبِيد الحيوة الحيوانية وللهمزة الكهربائية هذا الفعل نفسه لان المعلم
فرانكلين امارت بجهة كهربائية قوية ديوكا حبشية ثقل كل واحد منها رطلان

(٩) تاثير برق الصاعقة في الابر المغناطيسية كتاثير الكهربائية كما سيأتي .
والحديد يصير مغناطيساً بكلا هذين الشئين . فالنتائج اذا متشابهة تشابهاً

كثيراً غير انها تختلف في القوة فاذا كانت حديدية بارودة مكهربة تعطي شرارة
وتجعل فرقعة قوية عن بعد عقدتين فاذا يستنظر من غيمة مكهربة مساحتها

١٠٠٠٠ فدان مكعب

٢٨٥ ان تحويل البخار الى ماء والماء الى بخار واحنكاك عجاري

من الهواء متضادة في سيرها بعضها على بعض هما السبب الارحج

لظهور الكهربائية في الجلد . ومذهب اشهرهم ان الاجسام عند تحويلها من حال السائلية الى حال البخارية وبالعكس تعطي علامات قاطعة لوجود الكهربائية بحالة الايجاب والسلب . لانه حينما يخرج بخار متكاثف من منفذ حنفية خلقين تنتج كهربائية بكثرة اذ تكون كهربائية البخار موجبة والخلقين سالبة وبعضهم يجعل لاحنكاك دقائق السيل على الخلقين مدخلا في ذلك

٢٨٦ واما حالة كهربائية الجلد فقد اثبت كثير من المدققين الحقائق الآتية المشهورة التي تتعلق بذلك

(١) الغيوم الرعدية تمتلئ من الكهربائية اكثر من سائر الاجسام الهوائية . فجميع الغيوم المنفردة او المتفرقة تتكهرب قليلاً او كثيراً تارة ايجاباً وطوراً سلباً . ومتى غطت الغيوم السماء اي متى كانت الغيوم رقعة واحدة مبسوطة فوقنا فالكهربائية اضعف كثيراً مما تكون في الغيوم المتفرقة . ولكون الضباب ليس الا غيوماً قرب سطح الارض يصدق عليه هذا الحكم نفسه وهوان الضباب الساري القليل الامتداد يتكهرب غالباً بكثرة

(٢) كهربائية الجلد تكون اقوى متى عقب عدة ايام ممطرة متوالية طقس حار او بالعكس

(٣) عندما يكون الطقس نقياً غير مختلف تبقى الكهربائية غالباً ايجابية واكنة عندما يحدث نوبة تغير دائماً من ايجاب الى سلب وبالعكس

٢٨٧ ان سبب حدوث الرعد والصاعقة او البرق هوان السحابة تتكهرب بسرعة عند انتشائها وكهربائيتها المتكومة تفعل

على كهربائية تُسحب أخرى بموجب الحمل الكهربائي اي اذا كانت موجبة تجذب السالبة من الاخرى وتدفع الموجبة واذا كانت سالبة فبالعكس فتجعل اجزاء الغيوم القريبة منها مكهربة بنوع مضاد لكهربائيتها فتتجاذبان ومتى اقتربتا حتى تصيرا على بعد فسحة الاتصال تهجم كل واحدة الى الاخرى فيرى الشرار الكهربائي اللامع كالبرق او الصاعقة ثم يُسمع تفرقع تمزق الهواء بصوت رعد. وذلك يحدث غالباً في فصل حار كالربيع والخريف وفي الوقت الاحر من النهار. وتكثر الانواء الرعدية حيث الهواء الحار الرطب يُحمل من الاوقيانس الى بلاد جبلية وسبب حدوث هذه الانواء ليس هو الكهربائية بل ما ذكر فيما مرّ عند الكلام على الرياح والامطار في الهوائيات واما الحوادث الكهربائية فنتيجة لازمة لبعض ظروف تصحب انتشاء الانواء

٢٨٨ اما خط التفريغ فهو ذو تعارج كالشرار الطويل من الموصل الاعظم كما مر. والى هذه ينسب عدم مساواة صوت الرعد لان هذه التعارج تجعل الاجزاء المختلفة من خط النور الكهربائي على ابعاد مختلفة من الاذن فكما قلّ البعد اسرع الصوت وقوي اذ ياتي من الاجزاء التي على ابعاد متساوية في وقت واحد بعلو زائد. والصدى الناتجة عن السحب والتلال وغير ذلك هي

ايضاً علة انعكاس الرعد واستطالته

٢٨٩ وقد يحدث أحياناً أنه يحصل تأثير قوي عن بعد جسم من المكان الذي تفرغت فيه الصاعقة بحيث لا يكون مرئياً ظاهراً من سحابة الى الأرض. وتعليل ذلك هو ان السحابة الكبيرة المكهربة إيجاباً بموجب الحمل الكهربائي تحمل كهربائية الأرض المجاورة لها اذ تجذب السالبة الى سطحها وتدفع الموجبة الى بعد. ثم اذا تفرغت كهربائية هذه السحابة الى سحابة اخرى او الى شبح شاخ على الأرض قريب منها فالكهربائية المندفعة من سطح الأرض ترجع حالاً وباخذ الحيوان المجاور هزة ربما ثلاثي حياته. وهذا ما يقال انه رد الضربة

٢٩٠ الوقاية من الصواعق. انه لاجل الوقاية من اذى الصواعق والرعود الاحسن ان يكون الشخص قريباً من موصل جيد مرتكز في الأرض عالٍ في الهواء كقضيب الصاعقة او كشجرة عالية بحيث لا يلتصق كثيراً فتصل اليه الصاعقة. واذا لم يكن للبناء قضيب فالاسلم ان يكون في وسط الاوضة من ان يكون قرب جدرانها وان يقعد او ينام من ان يقف وذلك مبني على ان الكهرباء تميل الى رؤوس الاشباح العالية المروسة. ولاوقاية من لبس الحرير او الانطراح على فراش ريش او الاتصال باي نوع غير موصل من المواد لان الصاعقة تتبع الموصلات وهي متصلة بغير الموصلات كما لو لم تكن متصلة. فلاحماية بغير الموصلات ما لم تُحِط الشخص الى بعدٍ وأقر من كل جانب.

والاحسن عندما يُشعر بتزول الصاعقة ان يرمي الشخص كل ما معه من المواد المعدنية اذا امكنته الفرصة . واذا كان ملامساً لشجرة يجب البعد عنها والانطراح على الارض

٣٩١ واما قضيب الصاعقة فهو قضيب معدني مرسوم ينصب على جوانب البيوت يغرز في الارض ويعلو راسه الى فوق السطوح. ولكي تحصل من قضيب الصاعقة الوقاية التامة يقتضي ملاحظة القوانين الآتية

(١) يجب ان يكون حجم القضيب كافياً . فاذا كان من حديد يجب ان يكون قطره من نصف عقدة الى عقدة . وان كان من نحاس فقد يكتفى بثلاث عقدة

(٢) يجب ان يكون متصلاً من اعلى الى اسفل . فقد يصطنع من اجزاء متصلة فيجب والحالة هذه ان يتصل بعضها ببعض حتى يتألف منها قضيب واحد من فوق الى تحت لانه اذا وصل بينها بسلسلة او بشيء اخر فالسلسلة هي اكثر مقاومة لجرى الكهرباء

(٣) يلزم ان يكون اعلاه مرسومًا . وذلك لكي تميل اليه الكهرباء لانه من شأنها كما مر ان تميل الى رؤوس الاشجار العليا . ولئلا يتغن سناؤه بتكون الصدى عليه يجب ان يغشى بالذهب او يعمل من فضة صلبة او بلاتين

(٤) يجب ان ينتهي القضيب من اسفل في التراب المبلول لان التراب الجاف هو موصل ضعيف للكهربائية . فان كانت نهايته في تراب جافٍ فالكهربائية مدة حلول الصاعقة لا بد ان تتجمع على هذا القضيب

الموصل ثم تجاز منه الى موصلات اخر على جوانبه وتنتج ذات الاذى الذي كان يحصل لو لم يكن قضيب صاعقة . فيقتضي ان يدخل في الارض خمس اقدام على الاقل وفي الرمل الجاف ليس اقل من عشرة اقدام والاحسن في محلات كهذه ان يتصل اسفل القضيب ببيير ماء او ينبوع

(٥) يجب ان يكون اعلى كثيراً من اعلى اجزاء البناء . لانه قد عرف من الاختبار ان القضيب يقي دائرة نصف قطرها مضاعف علوه فوق سطح البناء . غير ان هذا القانون لا يسلم دائماً من الخطاء فيقتضي ان يكون للبناء الواحد اكثر من قضيب واحد ما لم يكن صغيراً جداً . والدواخين يلزمها وقاية خصوصية اولاً لارتفاعها وثانياً لكونها موصلاً جيداً والدخان الخارج منها كذلك

الفصل الثامن عشر

في الكهربائية الحيوانية

٢٩٢ انه غب التفتيش المدقق اثبت الطبيعيون وجود مجاري كهربائية في تركيب الحيوان تجري من السطح الخارج او البشرة الى السطح الداخل المخاطي . والمعلم الذي كان في ايام كلثني وفولطا وقد تعصب لهما في هذا الرأي برهن ذلك بانه اخذ راس ثور قد ذُبح حديثاً واتى بفخذ ضفدع وجعل عصب الفخذ يمس لسان الثور اذ كان ماسكاً الفخذ بيده مبللة بماء مالح وباليه

الأخرى المبللة أيضاً بالماء المالح اذن الثور لكي نتم الدائرة الكهربية .
فتقلص حينئذ الفخذ فكان من ذلك دليل على وجود مجرى
كهربي في الحيوان . وهكذا يتبين الامر بوضع مجرب عصب
فخذ الضفدع الوركي على لسانه وامساك مخالفه بيده مبللة بماء
مالح فانه يعطي بتهيجه حينئذ دلائل وجود الكهربية . والكلفنومتر
الذي سيأتي الكلام عليه يبين لنا وجود الكهربية عند اتمام الدائرة
المذكورة

٢٩٣ ثم انه من ابهج ظواهر الكهربية تلك التي تظهر من
الكهربية الطبيعية في انواع من السبك . وانواع الاسماك
المشهورة لهذه الخاصية هي ثلاثة اولها واشهرها ما يقال له الرعاد
واسمه باللاتينية توريدو

اما خاصية هذا النوع من السبك فكانت معروفة عند الطبيعيين
الاقدمين لان ارسطوطاليس وبليني يصفانها بالتدقيق . اما الاول فقال
ان هذا السبك يسبب خدرًا للأسماك التي يريدان يصطادها فتأخذ تلك
الاسماك الفترة وحينئذ يسكنها بضمه ويغتذي بها . واما الثاني فقال ان هذه
السبكة اذا مسّت بتضيب او بحربة ولوعن بعد تشنج اقوى العضلات . وهيئة
هذه الشبكة مستعرضة كسبك ابي مشط طولها نحو عشرين قيراطًا وكهربائيتها
خواص الكهربية تمامًا فانها تسري على المعادن والماء وباقي الموصلات ولا
تسري على الزجاج او مواد اخر غير موصلة

٢٩٤ النوع الثاني الأنكليس الاميركاني واسمه باللاتينية

المعروف عند الاوربيين بالجمنوتوس. وهذا النوع يوجد في انهر اميركا الجنوبية. طوله الاعنيادي من ثلاثة الى اربعة اقدام وقيل انه يوجد احياناً بطول عشرين قدماً. ويعطي هزة قتالة سريعة. وهو يصطاد الاسماك التي يقرب اليها على الاسلوب المذكور للرعاد لكي يغتذي بها

ويقال ان الطريقة المستغربة التي يصطادون الجمنوتوس بها في جنوبي اميركا هي انهم يُتْرَلون الى بحيرة يكثر فيها هذا الانكليس خيلاً بركة تخوض فيها مدة. فالسمك بعد ذلك يعي او تنفرغ كهربائيتها بجهاذه مع الخيل فيمسك. وانما التفريغ الكهربائي الناتج عنه قوي بهذا المقدار حتي ان بعض الخيل تغرق قبل ان تشفى من هزات الانكليس المشنجة

٢٩٥ النوع الثالث ما يقال له الفترة واسمه باللاتينية سَلِرُس الكتريكوس وهذا النوع من السمك يوجد في بعض انهار افريقيا. وقوتها الكهربائية اقل مما للرعاد او الانكليس الاميركاني ولكنها كافية لاعطاء هزة ممتازة للبينة الانسانية

وجميعها ذات اعضاء كهربائية تشبه رصيف فولطه في تركيبها. والمجاري الكهربائية التي تحصل منها تؤثر بالكلفنومتر اي مقياس الكهرباء الكلفانية وقد يظهر منها الشرار الكهربائي. وهذه الانواع من الاسماك تستعمل قوتها ارادياً لقصد تضعيف فريستها عندما تكون راکضة في اثرها ولوقاية نفسها من يسطو عليها

وقد يظهر شرار الكهرباء على شعر الانسان اذا حُكَّ بجمرمة من حرير او مُسَّط بمشط من عاج في ليل مظلم نقي. ويظهر في وبر القطا ايضاً اذا حُكَّ

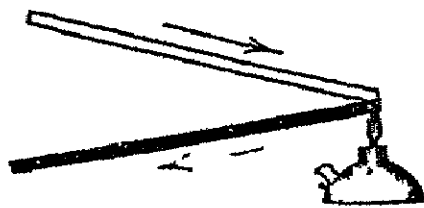
بحرمة من حرير في ليلٍ داجٍ الجلد فيه جاف

الفصل التاسع عشر

في كهربائية الحرارة

٢٩٦ أنه سنة ١٨٢٢ اكتشف العلامة سيبك من برلين أنه إذا اتصل معدنان مختلفان معاً على الأسلوب الآتي فيجري مجرى حولهما ويمكن أن ينتقل ذلك المجرى بواسطة موصل جيد. والكهربائية الناتجة من هذه الكيفية تسمى كهربائية الحرارة

مثاله إذا اتخذ قطعنا معدن أحدها البيضاء من فضة جرمانيا والآخرى السوداء من نحاس كهذا الشكل وأحميا عند مكان الاقتران مجرى كهربائي في جهة مجرى السهام من الفضة إلى النحاس. وهذا النوع من الكهرباء



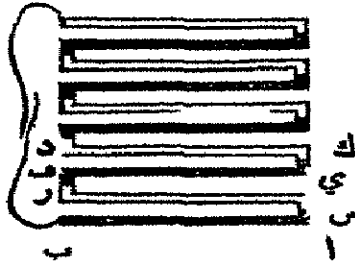
شكل ١٩٠

ينتج عن اختلاف درجة الحرارة فتجري من الأجزاء الباردة من المعدن إلى الحارة.

وخصائص كهربائية الحرارة هي كخصائص الكهرباء العمومية

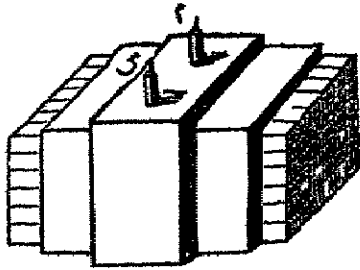
٢٩٧ والمعادن الأفضل لحصول هذه الكهرباء هي فضة جرمانيا ويزموث ونحاس أصفر وحديد وإتيمون. فيمكن أن يصنع بطارية من رصيف معادن أحدها فوق الآخر من غير جنسه وآخر فوق الثاني وهلم جرا على الأسلوب الذي تراه في الشكل وذلك يشابه رصيف فولطه ولثة قطبتان

كذلك. لتكن ا ب قطعة من بزموت وس ر قطعة من انثيمون متحدة بها
وي ف قطعة من بزموت وك د من انثيمون وهلم جرا فاذا وضع حديد
حام على الاطراف ا س ي ك اذ تكون
شكل ١٩١



الاطراف ب ر ف د مبردة بثلج يصدر
مجرى كثافة تساوي مجموع كثافات اجزاء
الرصيف وبواسطة شريطة تخرج من قطعة
البزموت الاولى ا ب واخرى تخرج من

القطعة الاخيرة التي هي من انثيمون يمكن التصرف بالمجرى كيفما يراد
٢٩٨ واذا اقتضى تركيب رصيف من ثلاثين جزءا او اكثر تجعل على
الترتيب الانسب كما يرى (شكل ١٩٢)
شكل ١٩٢



ويقال له رصيف كهربائية الحرارة.
والقطعة الاولى من بزموت تتصل
بالشريط م والاخيرة من انثيمون تتصل
بالشريط س. وموسها قطبتا الرصيف
الموجبة والسالبة

فاذا عرضت الاطراف المتصلة على الجانب الواحد لحرارة ذات درجة
عالية ولو قليلا يعرف من الكلفنومتر انه يوجد مجرى كهربائي. وقد تصنع آلة
كهنه تنائر من حرارة خفيفة كحرارة اليد على بعد ثلاثين قدما فتنتج كهربائية
كافية لان تؤثر في الكلفنومتر. واذا وضع الطرف الواحد من الرصيف على
قرص ثلج وقرب حديد حام الى الطرف الاخر يتبع مجرى كهربائي تظهر فيه
ظواهر الكهرباء

الباب الثامن

في المغناطيسية وفيه مقدمة وثلاثة فصول
المقدمة

في تعريف المغناطيسية وتاريخها

٢٩٩ المغناطيسية فن يبحث فيه عن القوة الخصوصية في
المغناطيس لجذب الحديد دون سائر المعادن والاجسام . وقد
تطلق هذه اللفظة على السيلال الذي هو السبب الغير المدرك
لهذه القوة . اما المغناطيس فهو قطعة من اوكسيد الحديد فيها
خاصية جذب الحديد والاتجاه الى نحو قطبي الارض اذا تعلقت
لذاتها . ويقال له حجر المغناطيس ايضاً . وهو نوعان طبيعي وصناعي .
اما الطبيعي فيوجد في اماكن كثيرة على الارض و احياناً توجد في
قعر معادن الحديد قطع منه مختلفة المقادير طول اقطارها بعض
عقد وقد توجد قطع منه عظيمة المقدار . وقد جلب الانكليز
حجر مغناطيس من موسكو الى لندن وزنه ١٢٥ ليبرة يحمل أكثر

من ٢٠٠ ليبرة من الحديد . والمشهور من هيئات المغناطيس الطبيعي والصناعي نوعان وهما المغناطيس المستقيم والمغناطيس نضوة الفرس لكون هيئته تشابه هيئتها وبعض هذا النوع هيئته تشابه اللامين المعلقين في الكتابة

٤٠٠ ان جاذبية المغناطيس كانت معروفة من قديم الزمان لان هوميروس وفيثاغورس وارسطوطاليس يذكرونها . ولكن خاصية اتجاهه الى نحو القطبتين لم تكن معروفة في اوربا حتى الجيل الثاني عشر . وقد قرّر بعض المؤرخين مؤكداً ان معرفة هذه الخاصية كانت عند الصينيين قبلما عُرِفَت في اوربا باجيال كثيرة

الفصل الاول

في المغناطيسية مطلقاً

٤٠١ اذا تدحرج مغناطيس في برادة الحديد يجذبها الى ذاته . وهذه الفاعلية تظهر بالاكثَر عند طرفيه المتقابلين حيث يتكوّم مقدار من البرادة اعظم جداً مما في اجزاء آخر من الجسم . والطرفان المتقابلان في مغناطيس حيث يظهر ان القوة الجاذبة

تستقر يسميان قطبيه فالتى ننتجه الى نحو الشمال تسمى القطبة
الشمالية والاخرى الجنوبية والخط الموصل بين القطبتين يسمى
المحور

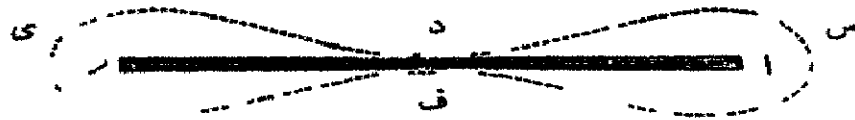
وذلك يظهر من هذا الشكل. ومن ذلك ينتج ان القوة الجاذبة المختصة

شكل ١٩٣



بالمغناطيس سواء كان طبيعياً ام صناعياً لا تكون متساوية في كل جزء من
سطحها بل يدل عليها بخط منحنى يحيط بالبرادة المتصقة بالمغناطيس كما اشرنا
فياخذ هيئتها كما في (شكل ١٩٤). ليكن ا ب قطعة مغناطيس. فنحسب

شكل ١٩٤



القوة تكون في كل مكان من القطعة بنسبة بعد الخط المنحنى س د ي ف عن
ذلك المكان. وذلك لان مقدار القوة يكون بحسب البعد الذى تجذب منه
القوة. وذلك ما يعبر عنه بكثافة القوة. فالقوة المغناطيسية عند الطرفين
اكثف مما هي في اى جزء كان من المغناطيس وكلما اقتربت منها الى خط
الوسط د ف قلت القوة حتى تنلاشى في ذلك الخط ويقال لخط الوسط الخط
المنحنى لانه لا قوة مغناطيسية هناك. وذلك يظهر ايضاً من انه اذا قربنا الخط
المنحنى من قطعة مغناطيس الى كرة صغيرة من حديد معلقة بخيط فلا يظهر
فل الجذب. ولكن قوا الجاذبية تراها تزداد كلما ابتعدت عن الخط المنحنى
الى كلا جهتي الطرفين. ثم انه كما ان للمغناطيس قوة لجذب الحديد للحديد

ايضا قوة لجذبه . لانه اذا علمنا قطعة مغناطيس بنحيط ثم قربنا منها قطعة حديد تجذب اليها كذلك قطعة المغناطيس

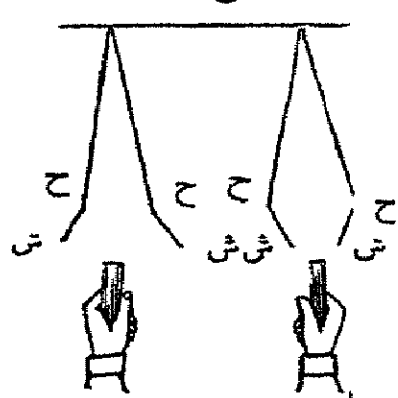
فاذا قُرِبت قطعة مغناطيس الى قطعة حديد موضوعة حتى نتحرك بسهولة فالحديد يُجذب اليها . وان كان المغناطيس يتحرك بسهولة يجذب الى الحديد واذا تماسا يلتصقان بقوة شديدة . وكلا القطبتين يجذبان الحديد على حد سوى ويجذبان منه . فاذا وضع مغناطيس على برادة الحديد تلتصق البرادة حول طرفيه بكثرة ونقل كميته الملتصقة كلما اقتربت الى الخط الخشن كما مر ولا يعيق قوة الجذب حاجز كورق او غيره . ولعدي النكل والكوبلت خاصية جذب المغناطيس وجذبهما منه كالحديد غير انه اذا كان هذان المعدنان نادري الوجود لا يستعملان في تجربات المغناطيسية

٤٠٢ اذا قُرِبت قطع مغناطيس الى بعضها فالاقطاب

المتشابهة تدفع بعضها بعضا والمتخالفة تجذب بعضها بعضا

فالقطبة الشمالية من مغناطيس تدفع الشمالية من آخر وتجذب الجنوبية

شكل ١٩٥



منه والجنوبية من الاول تدفع الجنوبية من الثاني وتجذب الشمالية منه فترى في هذا الشكل عن اليسار ان القطبة الشمالية من المغناطيس تدفع الشماليين من ابرتين مغناطيسيتين معلقتين ليتحركا بسهولة والقطبة الجنوبية عن اليمين تجذبهما

٤٠٣ وقد عللوا عن جاذبية المغناطيس للحديد وعن تدافع

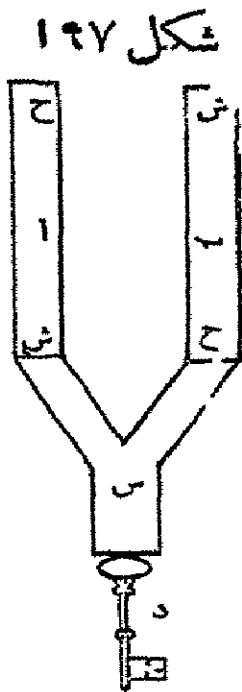
القطب المتشابهة من مغنايط وتجاذب المتخالفة بما ياتي من القول . وهو ان كل الاجسام القابلة للمغناطيسية كالحديد والفولاذ ممتلئان

بسيالين خفيفين يسميان بالسيال الجنوبي والسيال الشمالي
ويعضهم يسمي الشمالي ايجائياً والجنوبي سلبياً . وان دقائق كلٍّ من
هذين السيالين تدفع بعضها بعضاً وتجذب دقائق السيال
الآخر . وان هذين السيالين منفصلين او متخلين في المغناطيس
ومتحدين في الحديد فاداما متحدين في الحديد يبحق احدهما قوة
الآخر فلا تظهر جاذبية ولا تدافع اذ كان كلما تجذبة دقيقة من
سيال واحد تدفعه الدقيقة من السيال الآخر المتحدة معها . واذا
قرب حديد الى مغناطيس يحل احد سيالي المغناطيس المتجه
الى الحديد سيالي الحديد المتزجين اذ يجذب المخالف له ويدفع
المشابه فيحصل تجاذب بين المغناطيس والحديد وذلك ما يقال
له الحل المغناطيسي . ويقال حيثئذ ان الجسم قد تمغط . ومن
التمغط ما هو وقتي ومنه ما هو دائماً وسياتي الكلام على كليهما .
وذلك الطرف الذي يتجه اليه السيال الشمالي يسمي القطبة
الشمالية والآخر القطبة الجنوبية . واذا قربت قطبتا مغناطيسين
متشابهتان احدهما الى الاخرى تتدافعان لكون السيالين
متشابهين . واذا قربت قطبتان مختلفتان احدهما الى الاخرى
تتجاذبان لكون السيالين مختلفين كما يحدث بين جسمين مكهربين
٤٠٤ فالحل المغناطيسي هو كالحل الكهربائي اي كما ان الجسم

المكهرب يحل كهربائية جسم اخر وضع قريبا منه ويجذبه كذلك
 المغناطيس يحل المغناطيسية في قطعة حديد قربت الى احدى
 قطبتيه ويجذبها . وطرف من قطعة حديد اقرب الى قطبة مما
 للثانية يتمغنط بالنوع المخالف لنوع القربى والابعد يتمغنط
 بنفس ذلك النوع . فيصير لقطعة الحديد قطبتان وخط خنثى
 اذ تكون قطبتها الملتصقة بقطبة المغناطيس مختلفة عنها . ويجوز ان
 يوضع الجسمان على استقامة واحدة او على اى زاوية كانت او
 متوازيين والحالة الاخيرة هي الاقوى حالا . لانه في هذه الحال كل
 قطبة تقرب من قطبة الحديد تدفع نوع المغناطيسية المشابه
 وتجذب المخالف بطريق الحل المغناطيسي فيصير تمغنط الحديد
 على هذا الاسلوب ضعف تمغنطه بقطبة واحدة على الاقل . وكما
 ان قطعة واحدة يتمغنط بتقريبها من مغناطيس كذلك قطعة
 اخرى قُرِبَتْ اليها يتمغنط منها والثالثة من الثانية وهلم جرا .
 غير ان هذا التمغنط ليس هو الا وقتيا لانه اذا ازيلت قطع الحديد
 عن المغناطيس يرجع الى ما كان عليه من امتزاج سيالي المغناطيسية
 فيبطل فعله وسياتي الكلام على طرق التمغنط الدائم

٤٠٥ اذا قُدِّمَت القطبة الشمالية من مغناطيس الى وسط
 قطعة حديد يحدث حلان متنازان . لان كل نصف من القطعة

يصير مغناطيساً والقطبتان الجنوبيتان في الوسط والشماليتان عند الطرفين . وإذا قُدِّمَت الجنوبية الى وسط القطعة تكون القطبتان الشماليان لنصفها عند الوسط والجنوبيتان عند الطرفين . ثم اذا قُرِّبَت قطعة من مغناطيس الى مركز قطعة حديد لها هيئة النجم هكذا * او لها هيئة دائرة بسيطة فنهاية كل نصف قطر لها نفس نوع المغناطيسية الذي للقطبة المقربة للحديد والمركز النوع المخالف . ثم اذا مسَّ قطبتا مغناطيسين متشابهتان طرفي قطعة من حديد يُصنع مغناطيسان كما اذا قُرِّبَت قطعة للوسط . وذلك بخلاف ما اذا مسَّ قطبتان مختلفتان طرفي القطعة كل منها مسَّ طرفاً فان تلك القطعة تصير حينئذ مغناطيساً واحداً . غير ان قوته تكون مضاعف قوة مغناطيس نتج من الحل بقطبة واحدة . واذا قُدِّمَ قطبتا مغناطيس مختلفتان الى طرف واحد من قطعة حديد يكون حينئذ حلاًن مختلفان احدهما يحق قوة الاخر وقطعة الحديد لا تشمغط . فلا يظهر الجذب



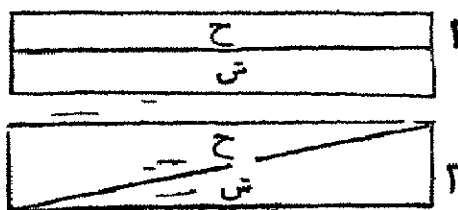
وعلى ذلك نقول اذا اخذت قطعة من

حديد ابرن لها شعبتان مثل س وعلفنا طرف احدى شعبتيها بالقطبة

الشمالية من مغناطيس مثل افطرها الاسفل يصير قطبة شمالية ويجذب
قطعة اخرى من حديد كالمفتاح د . ولكن ان قدّم الى طرف الشعبة
الاخرى للقطبة الجنوبية من مغناطيس ثانياً ب فالمفتاح يستط حالاً .
وقد تقدم الكلام على سبب ذلك . وكل ذلك يسمى بالمحل المضاعف

٤٠٦ اذا تمغنط جسم فلا ينفصل سيالا المغناطيسية فيه
احدها عن الاخر كلياً بحيث ينفرد احد السيلين كله الى نصف
واحد من الجسم والاخر كله الى النصف الاخر بل يبقيان مترجين .
غير ان كمية كل من السيلين على نصف واحد يكون حيث
اكثر منها على الاخر . ودليله انه اذا قطعنا قطعة مغناطيس الى
نصفين نرى حالاً ان كلاً منهما صار مغناطيساً بنفسه فلو وجد كل
من السيلين في نصف من الجسم الممغنط دون الاخر لما صار كل
من النصفين مغناطيساً تاماً لهُ قطبتان مختلفتان بعد انفصالها
بالقطع بل كان كل نصف يحوي سيالاً واحداً . ويعلّل عن ذلك
ان السيلين كانا في الحديد غير الممغنط مترجين على التساوي

شكل ١٩٨



في كل نقطة فاذا انفصلا حتى
يصير الواحد بجانب الاخر
يكون قطبها كمساحنين
متساويتين كما يرى في الشكل

الاول من (شكل ١٩٨) حيث ش تدل على السيل الشمالي وج

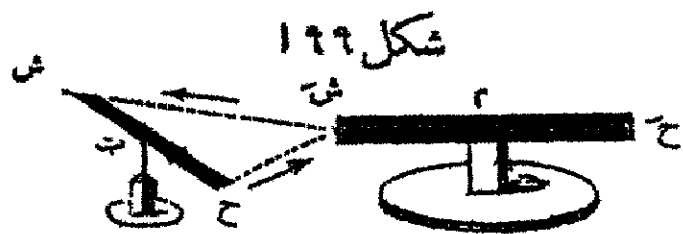
على السيال الجنوبي. ولكن بعد تمغنط الحديد يصير السيالان
متحدين في كل نقطة بكميات مختلفة وإذا انفصلا يكونان كمساحتي
مثلثين على الهيئة التي ترى في الشكل الثاني المساحة الاوسع من
كل منها تلي الاضيق من الاخر. فيكون قد وجد كل منها في
كل جزء من الجسم غير انها تتحد بكميات مختلفة في كل نقطة
الأ عند الوسط. ومتى قطع الجسم عند الوسط فالنصفان
يتقاسمان السيالين بالتساوي بموجب الحل المغناطيسي اذ يكون
احد السيالين زائداً عن الاخر في نصف والثاني زائداً عن الاول
في النصف الاخر. وهذا القول يصدق على كل مغناطيس سواء
كان طبيعياً ام صناعياً دائماً ام وقتياً. وكما انه عند البعد الاوسط
بين الطرفين فتساوى المساحة في كلا المثلثين كما لا يخفى من
الهندسة كذلك كميتا السيالين في الوسط يتساويان فيصحق
احدهما قوة الاخر هناك عند الخط الخنثى. ومن هذا يظهر ايضاً
سبب كون القوة تتناقص كلما قربنا الى الخط الخنثى كما تقدم. لانه
كلما قربنا الى الوسط تقرب مساواة سيالي المغناطيسية كمساواة
المساحة في المثلثين. ثم لا يقتضي الى نتوهم ان القوة المغناطيسية
يتوزع بعض منها على الحديد حينما يجذبه المغناطيس. بل الحديد
اذ يصير ذاته مغناطيساً عند ما يمس المغناطيس يقتضي ان يصير

له قوة الحبل المغناطيسي ايضاً فيفعل على المغناطيس الاصلي ويزيد
حل مغناطيسيته فيقوى فعله . وذلك يحدث بالفعل لان
المغناطيس تزيد قوته بابقاء قطعة حديد متصلة بقطبتيه

٤٠٧ ان قوة المغناطيس تتناقص بالحرارة . فاذا أحي
مغناطيس سواء كان طبيعياً ام صناعياً تنطرد كل قوته
المغناطيسية . ثم اذا تبرد لا ترجع مغناطيسيته اليه ولكنه يتمغنط
بالصناعة كقطعة من حديد غير ممغنطة اذا اريد ذلك . وكذلك
تتناقص قوة المغناطيس بسوء المعاملة كسقوطه على الارض
وتطريقه واحنكاكه والسحن به وتثق ما يحمله

٤٠٨ وقد تزداد قوة المغناطيس باضافة قليل الى ما يحمله
يوماً بعد يوم . فاذا فرضنا ان مغناطيساً يحمل ثقلاً مقداره اربع
ليبرات فقد تزيد قوته باضافة ثقل صغير الى الثقل المحمول حتى
يصير يحمل ست او ثمانى ليبرات . ولكن ان اضعفنا الى ما يحمله
جسماً ثقيلاً حتى يسقط فقوة المغناطيس عوض ان تزداد تتناقص
جداً حتى لا يعود يحمل اكثر من اربع ليبرات اذا حاولت ان تزيد
قوته بموجب الطريقة المذكورة . وبتكرار نتق الحديد عن
المغناطيس تتناقص قوته ايضاً بالتتابع . فاذا اريد اذا ازالة
الحديد عن المغناطيس يقتضي جره باحتراس الى نحو الخط الخنثى

٤٠٩ إذا قرّبت ابرة مغناطيسية تتحرك بسهولة الى مغناطيس



اخر كما في (شكل ١٩٩)

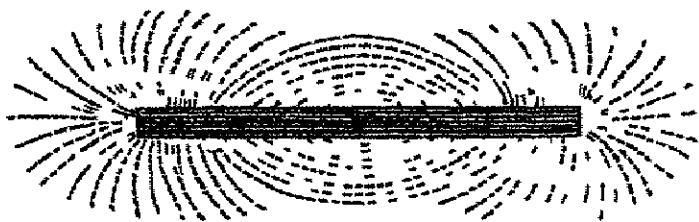
نتجه الى جهة ما ويختلف

اتجاهها باختلاف موقع

مركزها

مثالة ان كان مركزها ب في خط محور المغناطيس ش ج تبقى البرة
تخطر حتى تستقر على خط هو على استقامة واحدة مع خط المحور وقطبتها
تعاذي قطبة المغناطيس المخالفة لها . وذلك لان ش تجذب ج الى النقطة
القريبة وتدفع ش الى البعد الاقصى والقطبة ج من شأنها ان تدفع ج وتجذب
ش ولكن لكونها ابعد عن ش قوتها اقل لان القوة المغناطيسية كالكهربائية
وكالبجاذبية العمومية تتغير كمرع البعد بالقلب فتبقى البرة تنذب الى
ان قوة ش تلاشي ج وتثبت ج عندها . ثم اذا وضعت البرة بجانب المغناطيس
بحيث يكون ب عند م على منتصف البعد بين ج وش تدور حينئذ حتى
تصير متوازية للمغناطيس وج تعاذي ش وص تعاذي ج . لانه على هذا
الوضع اذ يكون البعد بين كل قطبتين مختلفتين واحداً يتجاذبان بقوة متساوية
واذا وضع مركز البرة في اي مكان اخر نتخذ وضعاً منحرفاً على المغناطيس
كثيراً او قليلاً ويمكن ان تجعل مائلة عليه على اي زاوية تراد . واطواع

شكل ٢٠٠



البرة هذه جميعها نيات حالاً من النظر الى هيئة انتشار البرادة اذ يوضع

المغناطيس تحت ورقة والبرادة فوقها. فكل ذرة من البرادة تصير مغناطيساً بموجب المحل ويكون وضعها كوضع ابرة صغيرة مركزها الذرة. ففي (شكل ٢٠٠) البرادة عند الطرفين هي في خط المحور والتي في منتصف البعد من قطبة الى قطبة هي متوازية لقطعة المغناطيس وسائر الذرات بين الاماكن المذكورة مائلة على زوايا مختلفة جاعلة منحنيًا يسمى بالمنحنى المغناطيسي

٤١٠ ان بين الكهربائية والمغناطيس مشابة من اوجه واختلافاً من اوجه

فيتشابهان في الخصائص الآتية (١) ان كلاهما مركب من نوعين الكهربائية الزجاجية والراتنجية والمغناطيسية الشمالية والجنوبية (٢) ان في كلا الحالين السائلين اللذين من نوع واحد يتدافعان واللذان من نوعين مختلفين يجاذبان (٣) قانون المحل في كليهما واحد (٤) القوة في كل منهما تختلف بالقلب كمربع البعد (٥) القوة في الحالين تستقر على سطوح الاجسام ولا تظهر داخلها

اما اوجه اختلافها فهي (١) ان الكهربائية قابلة ان تهيج في كل الاجسام وان تتوزع على الجميع . واما المغناطيس فيستقر في الحديد فقط وبالنادر في بعض معادن اخر. فلا يمكن ان يهيج في سوى الاجسام الحديدية الا نادراً (٢) كون الكهربائية تنتقل من جسم الى آخر . واما المغناطيس فغير قابل لذلك . فان المغناطيس تظهر خواصه بالمحل فقط الامر الذي لا يجعله يفقد شيئاً من سيالته (٣) انه اذا تكرب جسم ذو هيئة مستطيلة وقسم عند منتصفه فلا يزال كلا القسمين مكهربين بنوع واحد فقط من الكهربائية الذي كان لكل منهما قبل الانقسام . وانما اذا تمغنت

قطعة او ابرة من فولاذ بالحمل وتجزأت الى اجزاء عديدة فكل جزء مغناطيسي تام بذاته وله قطبتان (٤) ان خصائص اتجاه المغناطيس شمال جنوب وتنتجة المختلفة وهي الميل والاختلاف السنوي واليومي والهبوط والارتفاع الكثافة باختلاف الاماكن على سطح الارض كما سيأتي جميعها مخصصة بالمغناطيس ولا دخل لها بالكهربائية

الفصل الثاني

في المغناطيسية بالنظر الى الارض

٤١١ ميل الابرّة . اذا توازنت ابرة على موازاة الافق بحيث تتحرك بسهولة لا تشير غالباً الى الشمال والجنوب تماماً . وزاوية انحرافها من خط الهجر يعبر عنها بميل الابرّة ويقال لها احياناً اختلافها . ويقال للدائرة السمتية اي الواقعة فوق سمت الراس التي تمر في الابرّة في مكان مفروض الهجر المغناطيسي لذلك المكان . ويقال في الميل شرقي او غربي بحسب انحراف القطبة الشمالية للابرّة عن الهجر الحقيقي . والميل عند اماكن مختلفة يكون غالباً مختلفاً . ويوجد اماكن حيث الميل ١٠° و ٢٠° و ٣٠° الى ٩٠°

غرباً وكذلك اماكن اخر حيث الميل 10° و 20° و 30° الى 40° شرقاً

ولكن اذا تتبعنا النقط التي فيها الميل واحد ورسمنا خطاً يمر فيها جميعها فذلك الخط يسمى خط الميل المتساوي وجميع الخطوط المرسومة هكذا يقال لها خطوط الميل المتساوي. واما الخط المار في جميع الاماكن التي فيها تتجه الابر الى الشمال تماماً يسمى خط اللاميل. وهذا الخط يحيط الكرة ولا ينحرف كثيراً في مره عن دائرة عظيمة على الارض. وخطوط الميل المتساوي مع خط اللاميل تشابه خطوط الطول الجغرافية

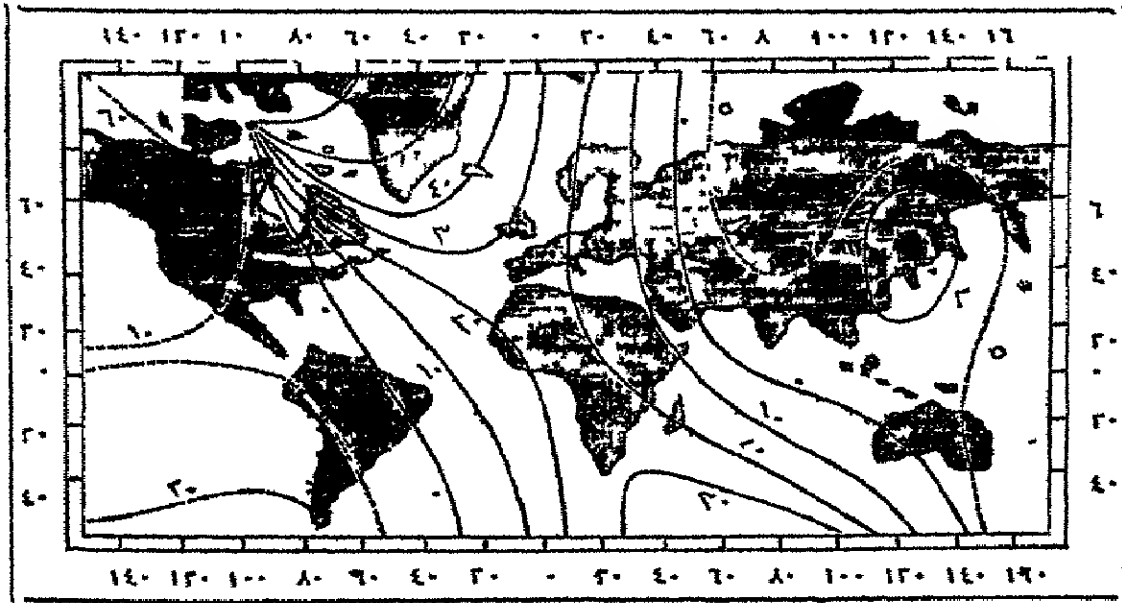
وخط اللاميل يتدي من شمالي خليج هدسن في عرض 70° ش. وطول $40^{\circ} 46'$ غ. ثم يجري بعض درجات الى الجنوب الشرقي في خليج هدسن وبحيرة ايري وداخلاً الولايات المتحدة قرب الحد الشرقي من ولاية اوهايو يجناز في وسط ولاية فرجينيا ويدخل في الاوقيانوس الانلتيكي قرب نيويورك في شمالي كرلينا. ومن ثم يعوج قليلاً الى نحو الشرق جاريًا قليلاً الى شرقي جزائر الهند الغربي قاطعاً جزءاً من الراس الشرقي من جنوبي اميركا ثم يمتد الى نحو القطبة الجنوبية. ولكن لا يمكن ان تتبعه الى ابعد من عرض 70° لعدم امكان المراقبات هناك

ثم في نصف الكرة الشرقي يظهر هذا الخط ايضاً عند جنوبي هولندا الجديدة ويمضي الى الشمال ماراً بالقرب من وسطها. ومن ثم يعوج الى الغرب مجنازاً 50° من الطول ثم يتبع جهة الشمال الغربي قاطعاً بحر قزوين الى الاوقيانوس الشمالي. ويوجد ايضاً خط منفصل لاميل فيه يرسم هيئة بيض

يحيط بالجزء الشرقي من اسيا

ان خط اللاميل يقسم الكرة الى جزئين قريبين من التساوي يسمى احدهما نصف الكرة الاثلاثيكي اذ كان يحوي الجانب الاكبر من الاوقيانس ويسمى الجزء الاخر نصف الكرة الباسيفيكي كذلك . وفي نصف الكرة الاول ميل الابرّة غربي وفي الثاني ميلها شرقي حيثما كانت ما عدا المساحة البيضية المذكورة قبيل هذا ومقدار الميل الشرقي او الغربي يزداد بازدياد بعد الابرّة عن خط اللاميل . فان الميل في انكلترا هو 54° غرباً وفي كرينلاندا يتغير من 50° الى 90° غرباً وذلك لان القطبة المغناطيسية في الارض لا تطابق قطبتها كما سيأتي . وفي هذه الخارطة (شكل ٢٠١) ترى خط اللاميل وعلى جانبيه صفرو خطوط الميل المتساوي وعلى جانب كل منها عدد درجات الميل فيه

شكل ٢٠١



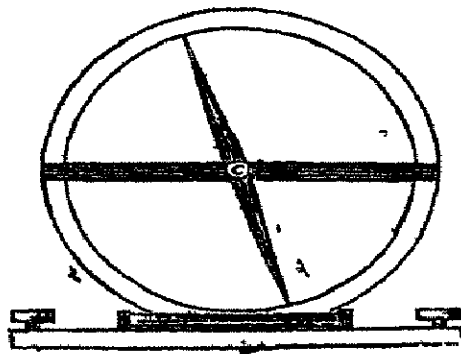
٤١٢ ان ميل الابرّة عدا تغيره بتغير البعد عن خط اللاميل يتغير من سنة الى سنة في اي مكان كان من $2'$ الى $5'$. وما عدا التغير السنوي

بمختلف ميل الابرة يومياً اذ تخطر الى الشرق والغرب. ففي الصيف يبلغ ذلك الى نحو ١٠° والى ٥° في الشتاء. ومن الساعة ٨ قبل الظهر الى ١ بعد الظهر الطرف الشمالي من الابرة يعوج من الشرق الى الغرب وترجع الى موضعها الاوسط صباح اليوم الثاني فحركة الابرة هذه يظهر انها متوقفة على جهة الشمس والمرجح انها نتيجة حرارتها

٤١٢ هبوط الابرة. اذا وضعت ابرة مغناطيسية بحيث تتحرك بسهولة في سطح الحجر المغناطيسي من اعلى الى اسفل ومن اسفل الى اعلى فلا تكون على جانبي خط الاستواء على موازاة سطح الافق بل اتما تهبط القطبة الشمالية منها في الاماكن التي هي في عرض شمالي عن سطح الافق. وزاوية الهبوط تزداد كلما تقدمت الابرة الى نحو القطبة الشمالية وتنقص كلما قربت الى نحو خط الاستواء حتى تصير على موازاة الافق بالقرب منه. وهكذا يقال في القطبة الجنوبية من الابرة في الاماكن التي في عرض جنوبي. وهذا ما يقال له هبوط الابرة المغناطيسية. ويقال للخط المار في النقطة التي فيها تكون الابرة على موازاة الافق ولا هبوط لها خط الاستواء المغناطيسي وللخطوط التي كل منها يمر في النقط حيث الهبوط واحد خطوط الهبوط المتساوي

ان خط الاستواء المغناطيسي هو غير قياسي نوعاً وهو واقع قرب خط الاستواء الارضي ولكنه يمر حول الارض ولا يجيد عنه اكثر من ١٢°. ففي

شكل ٢٠٢

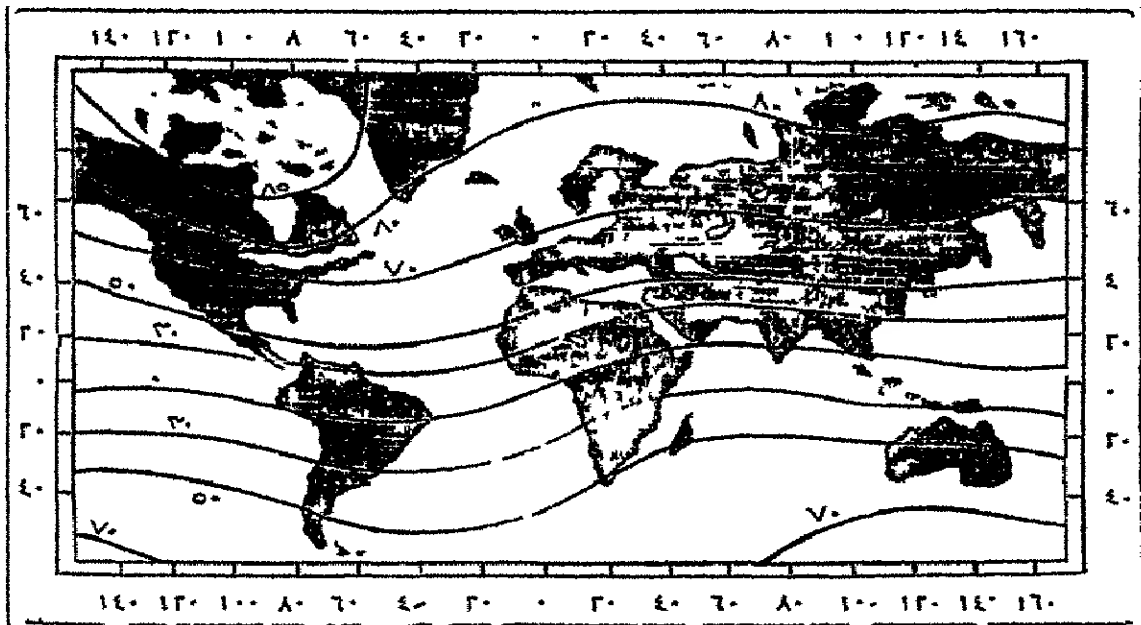


كل مكان شمالي هذا الخط تهبط القطبة الشمالية. وفي كل مكان جنوبي منه تهبط الجنوبية. ودرجة الهبوط تزداد غالباً كازدياد البعد عنه حتى تصير الابرة عند نقطة معلومة في نصف الكرة الشمالي

وعند اخرى في نصفها الجنوبي عمودية على الافق . ويقال للشطين المذكورتين قطبتا الهبوط وتحسبان ايضاً قطبتي خطوط الميل المتساوي . ففي ولاية انكلترا في اميركا الشمالية تهبط الابرة كما في (شكل ٢٠٢) نحو 75°

اما قطبة الهبوط الشمالية فقد وجدها التبطان روس سنة ١٨٢١ فكانت في عرض $70^\circ 14'$ وطول $96^\circ 40'$ غربي . واما قطبة الهبوط الجنوبية فلم تعرف لحد الان . ثم انه اذا فرض خط يمر في كل الاماكن حيث قطبة الابرة الشمالية تهبط 5° مثلاً واخر حيث تهبط 10° الخ يرسم حول الارض صف من خطوط الهبوط المتساوي يشابه خطوط العرض المتوازية اذ تكون قطبتاها قطبة الهبوط الشمالية والجنوبية المذكورتين . وهذه الخطوط هي اعظم انتظاماً جداً من خطوط الميل المتساوي . وفي هذه الخارطة (شكل ٢٠٢) ترى خط الاستواء المغناطيسي في الوسط وبقرية صفر وخطوط الهبوط المتساوي وبقرية كل منها عدد درجات هبوط الابرة فيه

شكل ٢٠٢



٤١٤ ان قوة المغناطيس الارضي ليست على حدٍ سوى في

كل مكان على سطح الارض ولكنها تزداد غالباً بالابتعاد عن خط الاستواء الى نحو كل من القطبتين والخطوط التي كل منها يمر في كل الاماكن حيث القوة متساوية تسمى خطوط الكثافة المتساوية

فتوهم خطوط مغناطيسية مرسومة حول الارض فيحصل من ذلك انتظام خطوط ثالث وهذه الخطوط المنحنية تمر شرق غرب حول الارض ولكنها ليست منتظمة كخطوط الهبوط المتساوي . وفي الاصقاع القطبية تنقسم الى نظامين ينتهيان في قطبتين عند القطبة الشمالية من الارض وقطبتين عند القطبة الجنوبية واحدى القطبتين الاوليين منحرفة قليلاً الى الشمال الغربي من بحيرة سويربور عرض 52° وطول 92° . والآخرى هي في الاوقيانس الشمالي شمالاً من اسيا في عرض 85° شمالاً وطول 16° شرقاً . ويقال لهاتين النقطتين المحترقان المغناطيسيان . واما المحترقان الجنوبيان فواقعان في شكل هليجي تقريباً مركزة في جنوبي هولندا الجديدة في عرض 64° ج وطول 127° شرقاً . وكثافة مغناطيسية الارض العظمى هي نحو ثلاثة اضعاف الدنيا

ونقاس كثافة مغناطيسية الارض بعدد الخطرات التي تخطرها ابرة مغناطيسية في وقت مفروض . فاذا حركت ابرة هابطة عن مقرها فمغناطيسية الارض ترجعها الى موقعها الاول واستمرارها يحملها الى ابعد من مقرها الاول ومن ذلك ينتج عدة خطرات . وكثرة الخطرات تتوقف على قوة فعل المغناطيس . فاذا اعتبرنا عدد الخطرات التي تخطرها ابرة واحدة في اماكن مختلفة من الارض في اثناء وقت مفروض كعشر دقائق مثلاً يمكننا ان نقيس كثافات مغناطيسية الارض في هذه الاماكن لان الكثافة تختلف كربع عدد الخطرات في وقت مفروض

٤٠٥ ان اتجاه القطبة الشمالية من الابرة المغناطيسية الى نحو الشمال والجنوبية الى نحو الجنوب تقريباً وموازية الابرة لسطح الأفق عند خط الاستواء المغناطيسي وهبوطها كلما قربت من القطبتين المغناطيسيتين كما اذا قربت الى مغناطيس آخر حسباً مر (رقم ٤٠٦) وازدياد كثافة المغناطيسية كلما قربت الابرة من القطبتين تحملنا على ان نظن ان محور الارض مغناطيس مستطيل يوصل بين قطبيتها وهو الذي يسبب اتجاه الابرة الى الشمال والجنوب وهبوط الابرة بموجب قوانين المغناطيسية

ومن حيث ان قطبة مغناطيس تجذب القطبة المخالفة لها من مغناطيس آخر كما تقدم ينتج لنا انه اذا حسبنا القطبة المتجهة الى الشمال من الابرة شمالية يقتضي ان تكون القطبة الشمالية من مغناطيس الارض المشار اليه جنوبية والقطبة الجنوبية منه شمالية . وذلك بخلاف الاصطلاح الدارج . ويظهر ان ثقل الابرة بعد التمهنت لا يزيد عنه قبل التمهنت . واذا وضعنا ابرة مغناطيسية على فليئة عائمة على ماء توقع ذاتها حالاً موقع الحجر المغناطيسي . ولكنها لا نتقدم الى الشمال او الجنوب . ومن ذلك ينتج ان فعل الارض على ابرة مغناطيسية لا يؤثر فيها سوى توجيهها الى الشمال والجنوب وان جاذبية الارض لقطبة واحدة من الابرة يساوي دفعها للآخرى تماماً لان فرق البعد بين قطبة الارض المغناطيسية واحدى قطبتي المغناطيس وبينها وبين الاخرى بحسب كلاشي بالنسبة الى بعد قطبة الارض

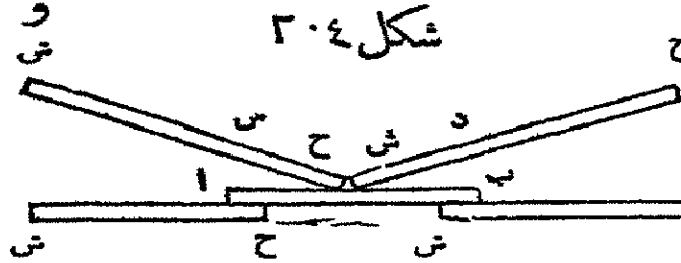
الفصل الثالث

في التمغنت الصناعي ووقاية المغناطيس

٤١٦ للتمغنت الصناعي طريقان يقال لاحدهما اللمس المفرد

والاخرى اللمس المزدوج

اما الاولى فهي ان يؤخذ قطعة الحديد او الفولاذ التي يراد تمغنتها مثل
اب كما في (شكل ٢٠٤) وتوضع على القطبتين المتخالفتين ش ج من



مغناطيسين قويين.

فمن شأن القطبة

الشمالية ش ان تجذب

السيال الجنوبي من

القطعة الى نحو الطرف ب وان تدفع الشمالي الى نحو الطرف ا. ومن شأن

القطبة الجنوبية ج ان تدفع السيل الجنوبي الى نحو الطرف ب وتجذب

الشمالي الى الطرف ا. ففي برهنة نستحيل القطعة اب على هذا الاسلوب الى قطعة

مغناطيس قطبتها الشمالية عند ا والجنوبية عند ب. وقد نصير عملية التمغنت

اجل جداً بموجب الكيفية الآتية. وهي ان نوضع قطعنا مغناطيس س ود

بلامسة القطعة التي يراد تمغنتها عند نقطة المنتصف. ولكن بدون ان تلامس

احدها الاخرى. ولتكن كل من زاويتي ميلها على القطعة ٣٠°. ولتعاذي

القطبة الشمالية من المغناطيس د الجانب ب والجنوبية من س الجانب ا. جر

القطعتين س ود على جهتين متقابلتين من وسط القطعة اب الى نحو

بها يثبتها ممسكاً أحدها باليد اليمنى والأخرى باليسرى . ثم ارفعها عن القطعة وضعها ثانية كما تقدم عند نقطة المنتصف وجرها الى نحو الطرفين . وبعد ما تدلك القطعة دلکاً كافياً على جانب واحد يجب قلبها وتكرار ذات العملية المذكورة على الجانب الآخر . وهذه الطريقة قد تستعمل لتمغنط ابر الحك والقطع التي سمکها لا يزيد عن ثمن عقدة

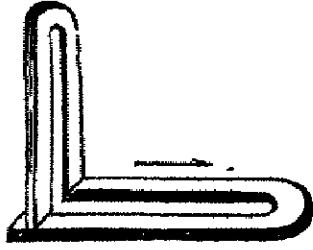
٤١٧ اما طريقة المس المزدوج فتجري على القطع ذات السمک الوافر لكونها اعظم فعلاً من الاولى المذكورة وهي كما يأتي

ضع المغناطيسين س و د كما وضعنا سابقاً عند المنتصف (شكل ٢٠٤) غير ان زاوية ميلهما على القطعة اب يقتضي ان تكون 15° او 20° . ويجب ان يدخل قطعة صغيرة من خشب بين المغناطيسين س و د لكي تمنع تلاصقهما . ثم حرّك المغناطيسين معاً اولاً الى نحو الطرف الواحد من القطعة ب ثم رجعهما الى نحو الطرف الآخر ا ما رّين على طول القطعة كله . ثم جرها ايضاً على القطعة الى ب وهكذا كرّر العمل الى امام وإلى خلف من عشر مرات الى عشرين . وبعد ان تدلك القطعة بالكفاية على الجانب الواحد يجب قلبها وتكرار العملية نفسها على الجانب الآخر . ويجب الاحتراس من عدم ذلك كلّ من الطرفين مراتٍ متساوية لمرات ذلك الآخر ومن ان القطبتين السفليين من المغناطيسين الدالکين يتجاوزان طرفي القطعة . ويستحسن وضع قدة من خشب بين المغناطيسين اللذين تحت القطعة . وهذه الطريقة تجعل درجة مغناطيسية قوية

٤١٨ واما مغناطيس نضوة الفرس فيمغنط على الكيفية الآتية

وهي ان يوضع مغناطيس نضوة الفرس عمودياً على القطعة التي يراد

شكـل ٢٠٥



تغنتها من نفس هذه الهيئة كما في (شكل ٢٠٥)

ويُحرَّك من الطرفين الى مكان الانحناء او

بالخلاف . ثم يرجع دائراً في قوس الى

النقطة التي ابتدا منها . ويقتضي وضع قطعة

من حديد عند قطبي القطعة التي ستُحل

مغناطيسيتها . ولا يخفى ان كلا المغناطيسين يجب ان يكون عرضهما واحد

٤١٩ وقاية المغناطيس . من حيث ان المغناطيس تضعف

مغناطيسيته بطول الزمان وكثرة الاستعمال يقتضي استعمال

وسائط لوقايته من ذلك . لان السوائل اللذين قد انحلا في

المغناطيس يميلان الى الاتحاد كما مر فبطول الزمان يقتربان من

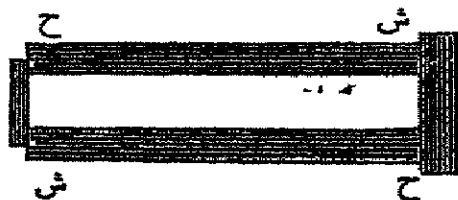
الاتحاد . وبكثرة الاستعمال لا يسلم المغناطيس من سوء المعاملة

ولو بغير قصد كتنق الحديد عنه ورميه على جسم صلب وغير

ذلك من الامور التي تنقص مغناطيسيته كما تقدم

فاذا كان المغناطيس مستقيماً فاحسن لوقايته ان يوضع معه مغناطيس

شكـل ٢٠٦



آخر على موازاته في صندوق بحيث

تعاذي كل من قطبي الواحد

المخالفة لها من قطبي الآخر كما في

الشكل . ويوضع عند طرفيها

قطعتان من حديد . فهاتان القطعتان اذ تكونان قد تغنتتا بالحل تفعلان

ايضاً بالمغناطيس بان يجذب كل من سياليها السيل المخالف له ويدفع

المجانس وبدوام فعلها يحفظان السيلتين في حالة الحمل الذي هو علة ظهور القوة المغناطيسية كما اشرنا سابقاً . وايضاً بواسطتها تزيد تقوية كل من المغناطيسين الآخر . واذا كان المغناطيس من شكل نضوة الفرس او اللامين المعلقين يكفي لحفظ مغناطيسيتها ان يوضع قطعة من حديد لكي تلتصق على طرفيه

٤٣٠ الحك . ان معرفة خاصية اتجاه المغناطيس الى الشمال قد افادت جداً في معرفة الجهات التي تحتاج اليها النوتية في البحر والمساحون والتائهون في القفار وغيرهم لاجل تحقيق جهة الشمال منهم او معرفة انحراف مكان آخر عن شمالهم او عن جنوبهم . ولا يخفى ان من يعرف جهة الشمال منه يعرف الجنوب اذ كان الثاني يقابل الاول على خط مستقيم ومنها يعرف شرقية وغربية لكون الخط الذي يمر شرق غرب هو عمودي على الخط الذي يمر شمال جنوب عند موقع الشخص فمعرفة الشمال تفيد معرفة الجهات الاربع . فكانت معرفة الخاصية المذكورة للمغناطيس سبباً لاصطناع الحك الذي الجوهري فيما يحنويه من المواد ابرة مغناطيسية تدور الى الشمال . ولا يخفى ان فائدة الحك هي عظيمة ومعتبرة جداً لانه قبل ايجاده لم يكن يتجرأ ربان مركب ان يشط في الاوقيانس المتسع خوفاً من انه يضل فيه فيهلك كهذا ولا يعلم فيه احد لعدم معرفته جهة طريق الرجوع الى البر ولم يكن يدري ان يسير في الطريق

الاقرب في خط مستقيم الى حيث هو قاصدٌ لعدم معرفته
 جهة مسيره تماماً وجهة المكان المقصود الا بطرق استقرائية
 كما لاحظته بعض جبال او اماكن اخرى على البر او مراقبته
 بعض النجوم . والذين ترحلوا في البوادي كعرب البدو او
 التزموا ان يضربوا فيها كبعض القوافل اضطروا ان يدرسوا
 مواقع مجاميع النجوم واسماءها واسم كل نجم بمفرده لكي تكون لهم
 دلائل على جهات المسير ولذلك كانوا بالاجمال امهر من غيرهم
 في هذا الفن . والآن يستخدم الحك كثيراً في البوادي فيساعد
 ويفيد جداً في معرفة الجهات . وكل من درس فن المساحة يعرف
 نفع الحك في قياس زوايا اضلع قطعة من الارض لمعرفة مساحتها .
 ولا يخفى انه عند ارادة التدقيق في معرفة انحراف مكان عن الجهة
 الشمالية من الحك يجب ان يضاف او يطرح ميل الابرة الذي
 مرّت الاشارة اليه (رقم ٤١١) بحسب الاقتضاء في المكان الذي
 فيه الحك ما لم يكن في خط اللاميل . ومن كان له خاتمة مغناطيسية
 متسعة مدققة يعرف منها ميل الابرة لاي مكان فيصلح خطا الميل
 اما ابرة الحك فمدخل في مركزها حجر صلب كالماس له
 تجويف مخروطي يستقر على ملاث مروس لكي يقل فرك الابرة
 عليه فتدور بسهولة . وهذا الملاث مصنوع من فولاذ صلب

مروس مركّز في وسط قعر العلبة وموضوعة عليه الابرّة . وكل ذلك ضمن علبة مستديرة مغطّاة بزجاج . وحول حافة العلبة دائرة مقسومة الى درجات قطرها اقل قليلاً من طول الابرّة مركزها راس الملاث المذكور . وما عدا الدائرة المذكورة توجد دائرة في قعر العلبة مقسومة الى اثنين وثلاثين قسمًا والنقط التي نقسمها تسمى نقط الحك بين كل ربع ثمانية اقسام . وفي حك البحر يلصقون الابرّة بكرتونة تدور معها . اما علامة الدليل في الحك فهي خطّ طولي على حافة العلبة ترسمه دائرة سمتية تمر بمقدّم المركب ومؤخّره . والدرجات على الكرتونة الملتصقة بالابرّة التي تشير اليها علامة الدليل هي زاوية انحراف جريان المركب عن الشمال او الجنوب الى الشرق او الغرب . وهرباً من ارتجاج الابرّة بحركة المركب يجعل لعلبة الحك محور يدخل طرفاه في حلقة افقية لكي يتحرك على محوره وللحقة المشار اليها محور مدخل طرفاه في طرفي نصف حلقة سمتية مثبتة . وبذلك تبقى علبة الحك افقية تماماً كيفما اضطرب المركب . واستيفاء الكلام بشأن الحك من متعلقات فن حساب المثلثات والمساحة

الباب التاسع

في الكهرباء المغناطيسية وفيه مقدمة وثمانية فصول
المقدمة

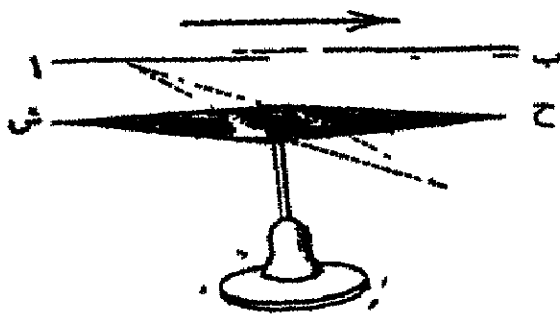
في تحديد الكهرباء المغناطيسية وتأثير المجرى الكهربائي في
الابرة المغناطيسية

٤٢١ الكهرباء المغناطيسية هي قسم من الفلسفة الطبيعية
يبحث فيه عن المحوادث الطبيعية الصادرة عن تفاعل الكهرباء
والمغناطيسية معاً

انه سنة ١٨١٩ اكتشف العلامة ارستد من كوبنهاغن انه اذا جرى
مجرى كهربائي على موصل من شريط معدني ووضع على موازاة ابرة مغناطيسية
متجهة الى الشمال سواء كان وضعة فوقها او تحتها او على احد جانبيها تدور
حتى تصبح عمودية عليه. فان كان الشريط فوق الابرة والمجرى الكهربائي يمر
عليه من الشمال الى الجنوب تنحرف قطبتها الشمالية الى الشرق وتتحنا فالى
الغرب. وان كان على الجانب الشرقي ومرور المجرى ايضاً من الشمال الى
الجنوب تنحرف القطبة الشمالية الى تحت او على الجانب الغربي فالى فوق

وتعكس كل هذه الانحرافات اذا انعكست جهة المجرى الكهربائي
مثالة في هذا الشكل ليكن الشريط المعدني ا ب والابرة المغناطيسية

شكل ٢٠٧



ش ج . فان كان ا ب فوق الابرة
والمجرى الكهربائي يمر من ا الى ب
اي من الشمال الى الجنوب تنحرف
القطبة ش الى الشرق وان كان
تحتها فبالعكس . وان كان على
جانبيها الشرقي تنحرف ش الى تحت

وان كان على الجانب الغربي فبالعكس وكل ذلك ينعكس اذا تغير المجرى
الكهربائي يجعله يمر من ب الى ا اي من الجنوب الى الشمال . ولكونه يصدر
عن اختلاف وضع الشريط ومجرأه ووضع الابرة احوال عديدة لا تحصى فيحسن
لاجل سهولة الحفظ ان تكون قاعدة مختصرة عمومية لمعرفة كل من تلك
الاحوال وقد وضعت لذلك هذه القاعدة . وهي

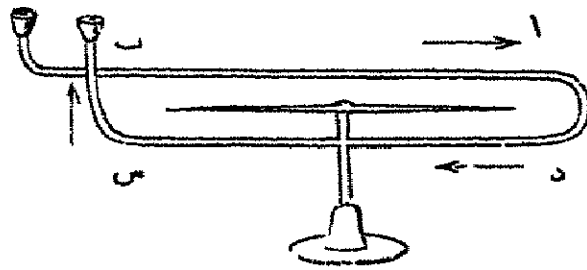
اذا توهمت نفسك منطرحاً تحت المجرى او فوقه بحيث تجري
الكهربائية الموجبة من راسك الى نحو قدميك وقطبة المغناطس
الشمالية تجاه وجهك فهذه القطبة تنحرف ابداً نحو اليمين

فاذا اعتبرت هذه القاعدة جيداً تهتدي دائماً الى جهة القطبة الشمالية
من الابرة المغناطيسية الموضوعة قرب مجرى كهربائي . ويجب على التلميذ ان
يحفظها جيداً ويجري بموجبها لكي يرتشد في جميع الاحوال . ولا شك انه اذا
انحرفت القطبة الشمالية من مغناطيس الى اليمين تنحرف الجنوبية الى اليسار

الفصل الاول

في الكلفنومتر

٤٢٢ انه بعد ان اكتشف العلامة ارستد الامر المذكور اصطنع من ذلك مقياساً لمعرفة وجود السيل الكهربيائي مثل الالكترومتر سمي كلفنومتر اي مقياس المجرى الكلفني.



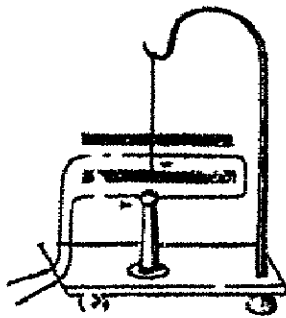
شكل ٢٠٨

فاذا التوى الشريط الموصل ابس د كما في (شكل ٢٠٨) حتى يصير بيضي الشكل محيطاً الابرّة ومرّ عليه مجرى

فالجزء من المجرى الذي تحت الابرّة يزيع القطبة الشمالية الى نفس تلك الجهة التي يزيعها اليها الذي فوق الابرّة كما لا يخفى من ملاحظة القاعدة المارة . او كلا جزئي الشريط يميلان القطبة الجنوبية في الجهة المتقابلة حتى تزوغ الابرّة بضاعف القوة التي تزيعها شريطة مفردة مستقيمة . واذا التقب الشريط لفتين حول الابرّة تتضاعف كذلك قوة المجرى لاراعة الابرّة . واذا التقب الشريط مئة مرة تزداد تلك القوة مئة ضعف . ولكن يجب ان يغطى حينئذ الشريط بحرير ملفوف عليه او بمادة اخرى فاصلة لكي تمنع مرور المجرى الكهربائي من لفّة الى اخرى في طريق مستقيم . فاذا اصطنع كلفنومتر على هذا الاسلوب يظهر ادنى اثر للكهربائية على الشريط بدوران الابرّة

٤٢٣ الآلة التي هي على هذا الأسلوب سميت بالمضاعف أيضاً لزيادة
مفعول المجرى الكهربائي بها. أما طرفا شريط الكلفنومتر فيقتضي أن يبقيا
سائمين لكي يرسل المجرى الكهربائي ماراً بالطرف الواحد في كل طول
الشريط إلى الطرف الآخر. وأما الأبرة فتعلق بخيط من حرير خام وتوضع
تحتها دائرة كوجه الساعة مفروض عليها درجات. ولأجل حفظ الآلة من
مجري الهواء تغطي بغطاء من زجاج. وعند ما يقتضي استعمال الآلة يجب
أن توضع بحيث تكون لفات الشريط متجهة في جهة المجرى المغناطيسي. فإذا لم
يمر مجرى فالأبرة تستقر حيثئذ في جهة اللفة وإنما مرور مجرى كهربائي يصدر
عنه زيفان دائم للأبرة

٤٢٤ الكلفنومتر الاستاتيكي. أن مغناطيسية الأرض تقاوم زيفان
الأبرة المغناطيسية في الكلفنومتر المذكور قيل هذا لأنها تجذب قطبها الشمالي
إلى جهة الشمال كما تقرر في المغناطيسية فـلـأجل



إزالة هذا المخدور وضعوا أبرة فوق أبرة كما في
هذا الشكل بحيث ينعكس وضع قطبيها أي
بحيث يجعل قطب الواحدة الشمالي فوق قطب
الأخرى الجنوبي فإن فعل مغناطيسية الأرض
يبطل حيثئذ لأنه بمقدار ما تجذب قطبة الأبرة

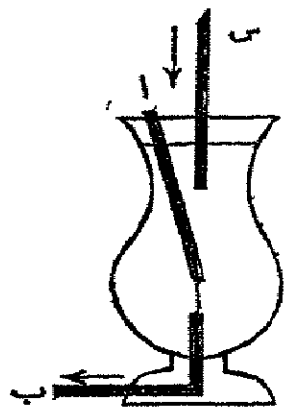
الواحدة تدفع قطبة الثانية إذ تجذب قطبة الثانية قطبة الأولى. ولكون الأبرتين
لا تميلان حيثئذ إلى الثبات في جهة واحدة سي هذا الكلفنومتر بالاستاتيكي
وهي لفظة يونانية معناها غير ثابت. غير أنهم لأجل بقاء قوة طفيفة جداً
فلما تؤثر مقاومتها لكي تميل الأبرة إلى أن تكون على جهة ثابتة عند عدم فعل
المجرى الكهربائي قد رأوا أن يجعلوا قوة أحدها وهي السفلى أعظم من الأخرى.
وشكل ٢٠٩ يرينا المواد الجوهريّة في الآلة وأما البراغي والمواد الأخرى

المصنوعة لاجل جعل سطحها أفقياً أو لاجل غايات أخرى فلا داعي موجب
تصورها

الفصل الثاني

في حركة مغناطيس حول شريط موصل

٤٢٥ لما كانت شريطة حاملة المجرى الكهربائي من طبعها أن تميل
القطبة الشمالية من قطبة مغناطيسية إلى نحو اليمين فقد يُعْمَلُ باعتبار ذلك
تدبيراً به يجعل المجرى الكهربائي حركة دائمة لأحدى قطبتي المغناطيس حول
الشريط الموصل. ففي هذا الشكل ترى وعاء من زجاج ملاً نأزيقاً إلى قرب
الشفة. ١ قضيباً مغناطيسياً مربوطاً بخيط دقيق



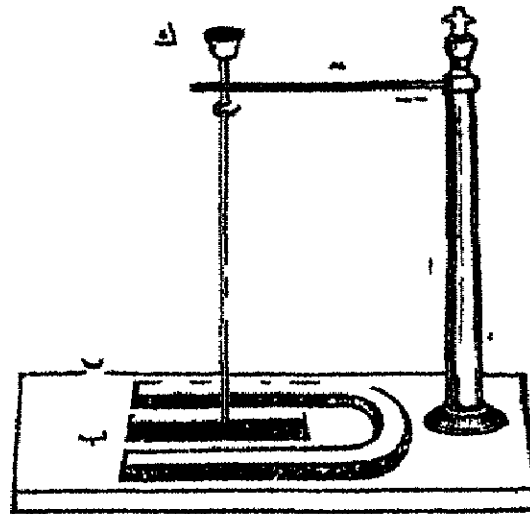
شكل ٢١٠

في الشريط الموصل ب الذي يمر في قعر
الاناء ولنفرض قطبة الشمالية عند طرفه الأعلى ١
والشريطة س متصلة بأحدى قطبتي بطارية
فولطائية حتى يمر مجرى عليها إلى الزئبق ومن
ثم بالشريطة ب إلى البطارية. وهذا المجرى
يدفع القطبة الشمالية س من المغناطيس إلى

اليمين بموجب ما نقرر سابقاً ويجعلها تدور حول الشريط في جهة دوران
عقري الساعة إذا كان المجرى الموجب يمر من س إلى ب كما يدل عليه السهم.
وإذا انعكس المجرى ينعكس دوران القطبة س. وكذلك إذا جعل المغناطيس
ثابتاً والشريط مربوطاً متحركاً يتحرك الشريط في جهة خلاف مجرى عقارب

الساعة. لانه كما يحصل فعل يحصل انفعال وقد امتنعنا ذلك بطرق مختلفة لنفرض (شكل ٢١١) ان اشرطة من بلاتين معلقة عروتها بشرائط من نحاس متصلة بالكاس ك المخوي زيبقا . وطرف الشريطة البلاتين الاسفل مغموس في حوض صغير من زيبق ب الذي يتصل بكاس صغير من

شكل ٢١١

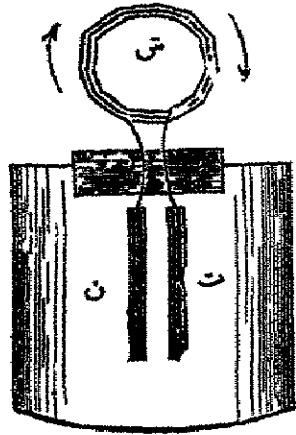


ايضا مخويا زيبقا لاجل انمام الدائرة الكهربائية. والشريطة ا معلقة لتحرك بسهولة بين القطبتين ش وج من مغناطيس نضوة الفرس. فاذا مرَّ مجرى فولطائي في الشريطة ا بدفع القطبة ش من المغناطيس نحو اليمين ورد الفعل من المغناطيس على المجري يدفع الشريطة نحو اليسار والقطبة ج من المغناطيس تتفق مع القطبة ش في دفع الشريطة على الجهة المرقومة . فالشريطة تنحرف بذلك الى خارج الزيبق وينقطع المجري حينئذ ويبطل مفعوله الى ان تقع الشريطة بثقلها ايضا الى الزيبق وعند ذلك يتكرر العمل وهلمَّ جرًّا فتذبذب الشريطة الى خلف وإلى امام بسرعة كلية

الفصل الثالث

في فعل المغناطيس على حلقة موصلة

٤٢٦ اذا التف شريط موصل لمجرى كهربائي بهيئة دائرة فوجه من الدائرة تجذبه القطبة الشمالية من مغناطيس والوجه الآخر تجذبه الجنوبية. ليكن ن وت لوحى بطارية فولطائية صغيرة معلقين بفيلينة



شكل ٢١٢

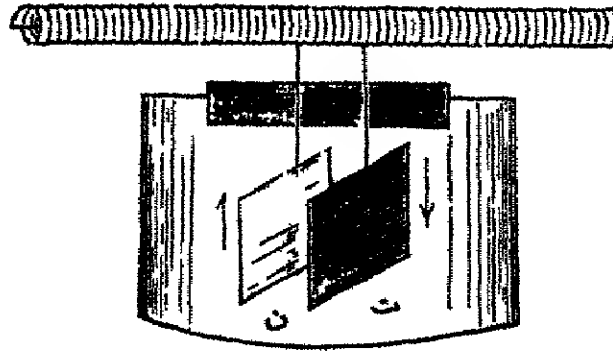
ذات مقدار كافٍ لان يجعل اللوحين يعومان في حامض مخفف وليوصل بين اللوحين بشريط نحاس ش بصورة دائرة. فيجري حينئذ مجرى كهربائي من لوح النحاس ن ماراً في الشريط المستدير راجعاً الى لوح التوتيا ت. فاذا نظرنا الى جانب واحد من سطح الدائرة بظهر لنا ان الجرى يدور في جهة

دوران عقارب ساعة وانما اذا نظرنا الى الجانب الآخر يظهر ان الجرى يدور في جهة عكس الاولى. ثم اذا اُحضرت قطبة شمالية من مغناطيس الى الاول فالشريط يجذب بالمغناطيس وان اُحضرت قطبة جنوبية الى ذلك الجانب فالشريط يندفع. وباستعمال شريط اطول ولفه عدة مرات في دائرة يزداد جداً فعل المغناطيس. وكل ذلك يجري على القاعدة المذكورة سابقاً لان الوجه الذي يجري فيه الجرى على جهة دوران عقارب الساعة يجذب القطبة الشمالية ليجعلها عن يمينك اذا توهمت الجرى ماراً على راسك كما في القاعدة ويدفع

الجنوبية لذلك

٤٢٧ فعل مغناطيس بلفة موصلة. ان فعل المغناطيس بالشريط الموصل
لجري كهربائي يكون اقوى جدًا اذا التفت الشريطة لفا حلزونيًا على سطح
اسطوانتي

تدخل الشريطة المتصلة بلوح النحاس كما في (شكل ٢١٢) في ثقب
مصنوع في جانب اسطوانة فارغة كريشة طويلة مثلاً ولتمر في المحور الى طرف
واحد من الاسطوانة. ثم لتلف لفا حلزونيًا حول خارج الاسطوانة الى الطرف
شكل ٢١٢



الآخر ولترجع في محور الاسطوانة وتخرج قرب الوسط وتوصل بلوح التوتيا من
البطارية. فهذه الطريقة يمر الجري في كل طول الشريطة ويمر في كل
لفة على جهة واحدة. فطرف واحد من اسطوانة كهذه تجذب بقوة عظيمة القطبة
الشمالية من مغناطيس وتدفع الجنوبية. وهذا التدبير ما سماه امير الفرنسي
الكتورودينياميك لفظة يونانية معناها كهربائية قوية لظهور قوة الكهربائية
فيه. ويظهر ان هذه الاسطوانة خصائص المغناطيس. لان مغناطيسية الارض
تعمل بها بان تركزها على جهة الحجر المغناطيسي اذا جعلت تحرك بسهولة كما
اذا اثبت طرفا الشريطة الموجب والسالب بقطعة فلين تعوم على الحامض
المخفف كما في الشكل. واذا قربت اليها اسطوانة اخرى مصنوعة على اسلوب
هذه فالقطبتان المتخالفتان تتجاذبان والمتفتتان تتدافعان وبين كل منها

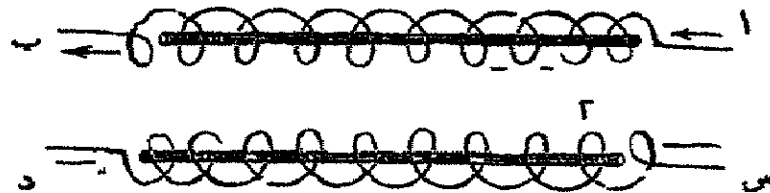
والمغناطيس تجاذب وتدافع كما بين مغناطيسين

الفصل الرابع

في التمغنت بجرى كهربائي

٢٢٨ ان اللفة الموصلة لجرى كهربائي المذكورة آنفاً تجذب القطبة الشمالية بحيث تجعلها عن اليمين اذا تصورت الجرى الكهربائي بمحاذ من راسك الى قدمك كما مرّ وتبقى تجذبها حتى تدخل في جوفها . وانما اذا ادخلنا في جوف اللفة قضيباً من حديد وفولاذ فالحديد يتمغنت تمغنتاً وقتياً بلحظة ويجذب مرادة الحديد ويقال انه حينئذ المغناطيس الكهربائي . والفولاذ يتمغنت تمغنتاً مستديماً ويكون موقع قطبتي كل منهما كالمغناطيس الاصلي لو دخل جوف اللفة . فاذا مرّ الجرى الكهربائي الموجب على الشريط وكان ملفوقاً على الاسطوانة دائراً على جهة دوران عقارب الساعة وتوهمت نفسك واقفاً تجاه اللفة بحيث يمرّ الجرى من راسك الى قدميك وادخلنا قضيباً من

شكل ٢١٤ ا

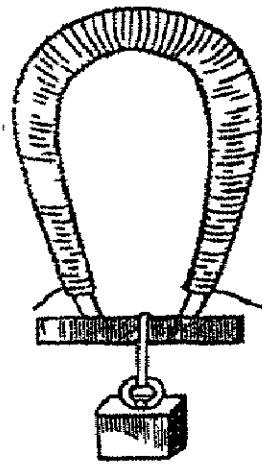


حديد في جوف الاسطوانة يصير مغناطيساً قطبة الشمالية عن يمينك . وان ادخلنا القضيب في اسطوانة اخرى فيها كان الشريط دائراً على خلاف جهة دوران عقارب الساعة فبالعكس كما ترى (شكل ٢١٤) . فان القطبة الشمالية تكون عند ب في الشكل الاول والجنوبية عند د في الثاني وبالعكس

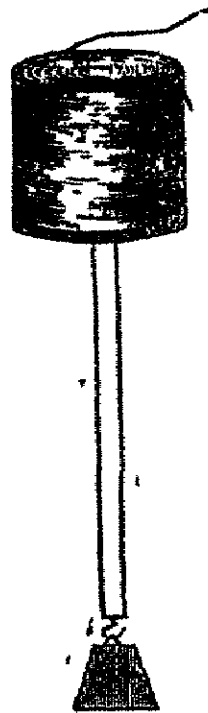
عند اوس اذ يفرض ان المجرى الكهربائي جارٍ مجري السهام / والشريط في الاول يدور على مجرى عقارب الساعة وعلى خلاف جهة في الثاني . واما الفولاذ فيصير مغناطيساً دائماً موقع قطبته كموقع قطبة التضييب الحديدي . وكلما تكررت اللفات الى ذات اليمين وذات الشمال زاد الفعل المغناطيسي فقد يلفون احياناً من الشريط نحو ٢٠٠ ذراع على اسطوانة من كرتون على طرفيها قرصان فاصلان من الكوتا برخا او الزجاج بهيئة بكرة واحياناً اقل او أكثر . وذلك ما يقال له حينئذ لفة الحدة او المجاورة . ولجل منع تجاوز المجرى من لفة الى اخرى على خلاف جهة جريان الشريط تفصل الشريطة بلف خيطان حرير او قطن عليها

٤٢٨ فعل مجرى لفائف الحدة . قد تقدم ان الحديد يتمغنط تمغنطاً وقتياً اذا كان موضوعاً داخل اللفة فينتج انه اذا انقطع المجرى يرجع حديداً . فاذا امسكت اللفة ذات المحور الحديد عمودية على الافق وجرى فيها المجرى

شكل ٢١٦



شكل ٢١٥



الكهربائي فالقضييب من الحديد ب يتعلق فيها . واذا كانت البطارية كبيرة

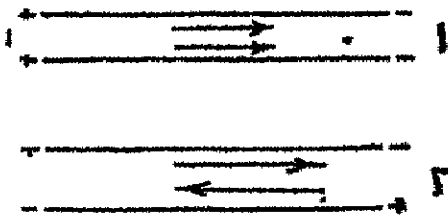
واللفة ذات شريط مستطيل يمكن ان يعلّق في القضيب ثقل جسيم وكلاهما يتعلقان بدون رباط ظاهر بل بقوة مغناطيسية . وحالما يبطل المجرى الكهربائي تزول المغناطيسية فيقع الحديد المذبذب . ويقال لمغناطيس وقتي كهذا مغناطيس كهربائي . وقد اصطنع مغناطيس كهربائي على اسلوب اخر اقوى جدّا من المذكور . وهو ان يلوى اسطوانة ثخينة من حديد اين اب (شكل ٢١٦) حتى تصبح نضوية اي بهيئة نضوة الفرس ويلف عليها شريط نحاس ملفوف عليه فاصل كحيط حرير . فاذا مرّ مجرى كهربائي في الشريط فالحديد يصير مغناطيساً قوياً ويرفع مقداراً ثقيلاً بواسطة الحاملة من التي هي من حديد لين لاصقة بقطبيه . وقد عمل العلامة هنري تجربة مثل هذه فلف على نضوة الفرس من حديد لين ٧٢٨ قدماً من شريط نحاس واستعمل بطارية مساحة التوتيا فيها خمسة اقدم مربعة فحمل هذا المغناطيس ٢٧١ رطلاً . وقد صنع مغناطيساً اخرى تحمل ٧٢٠ رطلاً . ولا يخفى انه اذا انعكس المجرى الكهربائي تنعكس القطبتان حالاً . وحالما يبطل المجرى تزول المغناطيسية بسرعة

الفصل الخامس

في تفاعل مجاري كهربائية

٤٢٩ ان شريطين متوازيين حاملين مجريين كهربائيين يتجاذبان اذا جرى المجرى في جهة واحدة . ويتدافعان اذا جريا في جهتين متقابلتين
ففي (شكل ٢١٧) ترى السهام والعلامات + و- تدل على جريان

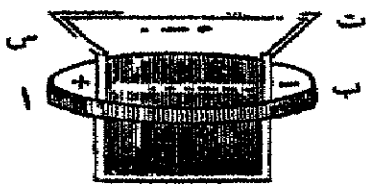
شكل ٢١٧



المجري . فتمى كان الجريان متفقين
كالشكل الاول يتجاذب الشريطان
ومتى اختلفا كالثاني يتدافعا فيشابهان
حيثند مغناطيسين كما لا يخفى

ولا يضاج ذلك لنذكر تجربتين احدهما بطارية صغيرة كهذا الشكل ذات

شكل ٢١٨

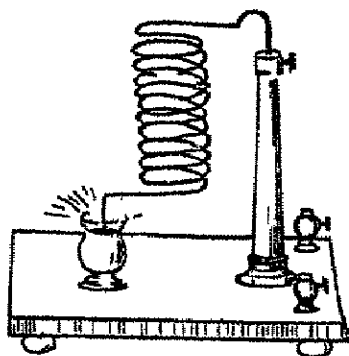


لوح توتيا ملمغ ولوح نحاس او توتيا
وبلاتين مثبتين في قطعة من فلين اب لكي
يعوما قطباها الايجابي والسلي متصلان
بوصلة شريط س ت . فاذا عام اللوحان في

حامض مخفف وجري مجرى كهربائي على جهة السهم ووصلت بين قطبي
بطارية كروف اوسمي بوصلة من شريط طولها مناسب وقربتها بيدك لكي
تكون متوازية للشريط س ت فان كان المجري جاريا في جهة جريان مجرى
س ت فاللوحان العائمان بواسطة الفلية يجذبان الى الشريطة في يدك
والا يندفعان . وان لم يكن الشريطان متوازيين فالمجري المتحرك يميل ان يقع
موقع التوازي

التجربة الثانية التي بها يتضح ايضا جاذبية موصلات متوازية هي كما ترى
في (شكل ٢١٩) . فالموصل هنا ملفوف لفا حلزونيا معلق طرفه الاعلى

شكل ٢١٩



براس عمود معدني متصل بقطبة واحدة
في بطارية وطرفة الاخر مغموس في الزيت
الموضوع في كاس من زجاج المتصل بقطبتها
الاخرى . فعند مرور المجري الكهربائي كل
ثنية من اللفة تجذب التي تليها لكون المجري
عليها جاريا الى جهة واحدة فتقصر اللفة

ويرتفع الطرف الاسفل من الزئبق وحيث ينقطع المجرى بظهور شرارة كهربائية
ثم ترجع اللفة بمرونتها وثقلها الى حالها فيهبط طرفها الاسفل ويتغمس بالزئبق
وهكذا تدوم الذبذبة ما دام المجرى جارياً
ثم انه قد عرف من الامتحان ان مجريين يتبع احدها الاخر على استقامة
واحدة واجزاء مختلفة من مجرى واحد يدفع احدها الآخر. وان مجريين من
كثافة واحدة جاريين على التوازي واحدهما قريب من الاخر اذا جريا على
جهتين متقابلتين لا يفعلا في مجرى اخر ماراً بالقرب منهما لان احدهما يحق
قوة الآخر

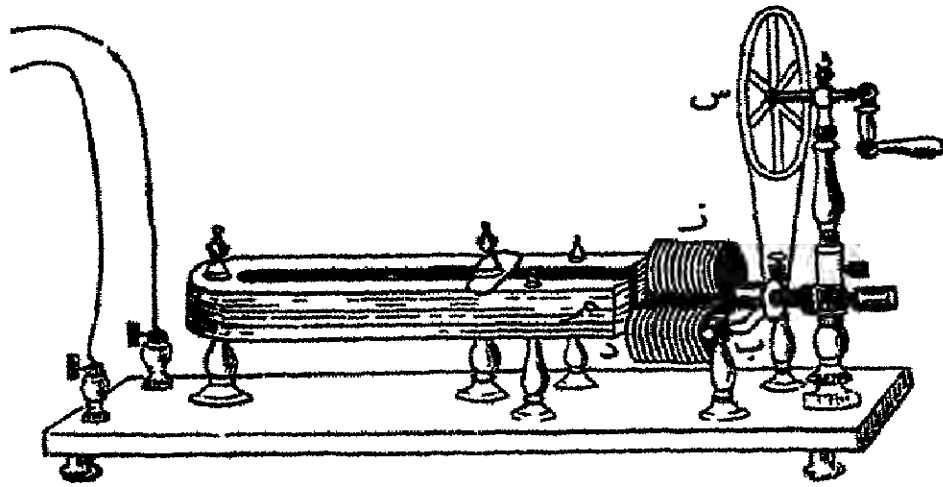
الفصل السادس

في ظهور مجاري الكهرباء بفعل المغناطيس

٤٢٠ اذا اخذنا شريطة مفصولة طويلة ملفوفة لفاً حلزونياً
ووصلنا طرفيها بكلفانومتر وادخلنا قطبة واحدة من مغناطيس
دائم في اللفة يحصل زيغان وقتي للابرة. ثم ان كنا بعد ان تستقر
الابرة نسحب المغناطيس تزوغ في جهة خلاف الجهة التي زاغت فيها
اولاً. فينتج ان للمغناطيس قوة لحل الكهرباء ولذلك يظهر فعل
كهربائي عند تقديمه الى مادة اذ يحل كهربائيتها وايضاً عند ازالته

عنها اذ ترجع الكهربائية الى الامتزاج كما مر في الحل الكهربائي
(رقم ٢٢٥)

التي كهربائية مغناطيسية. قد اصطنع آلة لاجل اظهار المفاعيل الكهربائية
بطريقة عجيبة ولجل ذلك يستعمل مغناطيس نضوي م (شكل ٢٢٠)
شكل ٢٢٠



مركب من عدة مغناطيس نضوية مرصوفة بعضها فوق بعض وزود قطعنا
حديد لين على كل واحدة منها لفة شريط مفصول تداران تجاه قطبي
المغناطيس بواسطة الدولاب والركبة س وهاتان اللتان متصلتان بشريطين
في راسيهما مسكتا معدن للامساك تحت كرسي الآلة فعند تشغيلها يشعر من
يمسك بالمسكتين بالهزة الكهربائية. وهذه الآلة كثيرة الاستعمال لاستخدام
الكهربائية في المعاملات الطبية وذلك لسهولة نقلها واستعمالها

الفصل السابع

في التلغراف

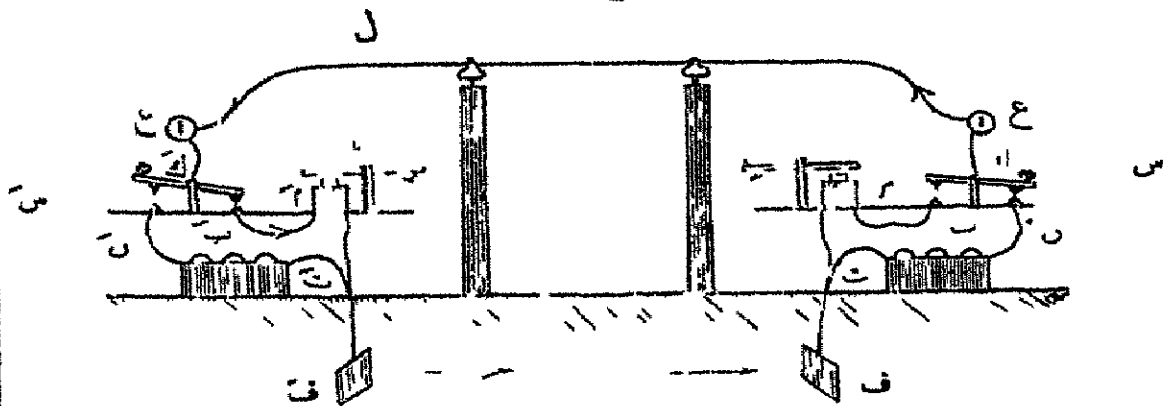
٤٢١ ان اهم فوائد الكهرباء في مصالح البشري استخدامها لايصال الاخبار من مكان الى اخر يبعد عنه عدة مراحل في اسرع وقت . والآلة التي ترسل الاخبار بواسطة الكهرباء يقال لها تلغراف من لفظة يونانية معناها كتابة البعد ويقال لها ايضاً السلك البرقي والشريط البرقي لان الكهرباء تسري على شريط من معدن يوصل بين المكانين لاجل حصول الدائرة الكهربائية كما سيأتي

التلغراف الكهربائي يصطنع على هيئات مختلفة . ولكن الأكثر استعمالاً في اميركا واوروبا تلغراف العلامة مؤسس الاميركاني المخترع الاول للتلغراف الذي اول تشغيله كان بين واشنطن وبلتيمور وهما ايا لثان من البلاد المتحدة في اميركا سنة ١٨٤٤ . والادوات الجوهرية التي يتألف منها هذا التلغراف ثلاث اولها بطارية فولطائية لاجل انتشاء الكهرباء . ثانيها شريط موصل لحمل الجري الكهربائي الى اي بعد يراد . ثالثها الرام لاجل تدوين العلامات المستعملة للدلالة على الحروف الهجائية وسيأتي الكلام على كل منها اما البطارية فالنوع المستعمل منها غالباً لاجل توليد الكهرباء بطارية كروف . وكبر البطارية المطلوبة يتوقف على البعد . ولجل تلغراف على

بعد مئة ميل قد عرف انه يقتضي غالباً ان تكون البطارية ذات ٢٥ كاساً
اما الشريط الموصل فلاجل عدم تهديد الكهرباء يجب ان يكون
منفصلاً . اما الطريقة العمومية لفصله فهي ان يلتقي على كرات من زجاج
مثبتة في عواميد من خشب علوها من ٢٠ الى ٣٠ قدماً ولا يحتاج الى فاصل
آخر . ولقوة الحديد العظمى في الاتصال ورخصه يفضل على النحاس

٤٢٢ الاتصال بين محليين بالتلغراف . لنفرض انه يقتضي بعث رسالة
تلغرافية من بيروت الى دمشق مثلاً . بيروت عدد س ودمشق عدد س
(شكل ٢٢١) ثم ب وب بطاريتان في المحليين والكهربائية الموجبة في كل
منهما تجري من ت الى جهة ن وك ك مفتاحان لارسال الكهرباء وسنوضحهما .
وغ غ كلفنومتريان . وم م القابلتان وهما المغناطيسان الكهربائيتان الملفوف
عليهما لفائف شريط معدني لكي يتمغناطيا بالكهربائية وسميا بالقابلتين لكونهما
يقبلان الكهرباء . و ر ر الراقمان وسميا بذلك لكونهما يرقمان حروفاً كما
سياتي . و ل ل الشريط المفصول على عواميد وف ف لوحان من معدن

شكل ٢٢١



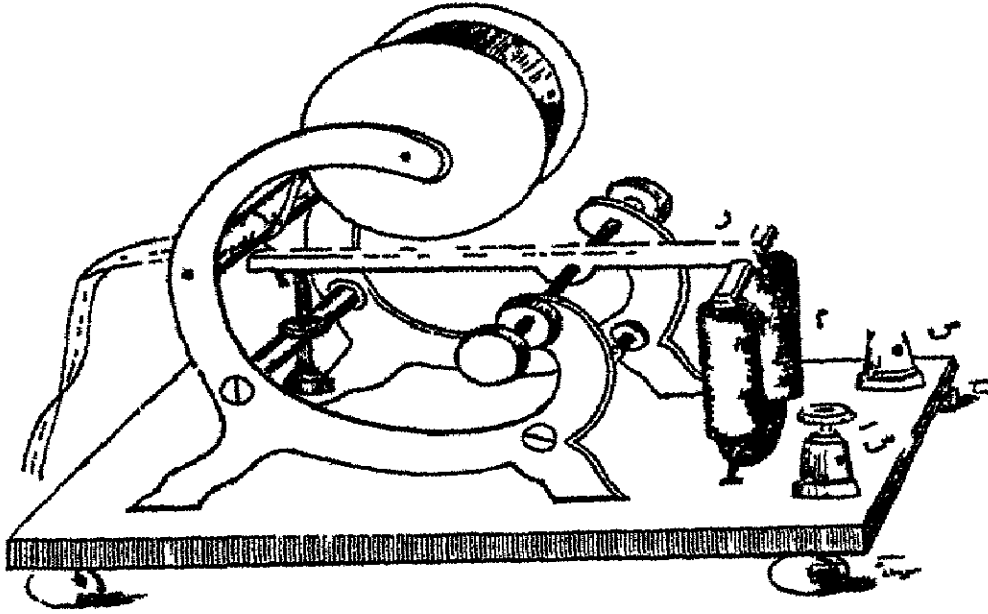
مساحة سطح كل منها عدة اقدم مربعة مغرزان في الارض . فاذا كُيس على
طرف المفتاح ك في بيروت مثلاً المفروض ارساى الرسالة التلغرافية منها
حتى يتصل بالحديد الذي نخه فالحجرى من البطارية يجري من القطبة الموجبة

ن ماراً بالمتاحك الى الكلفانومتر غ ومن ثم في خط الشريط ل ل الى دمشق
 المحل القابل الرسالة ماراً بالكلفانومتر غ وبالمتاحك وبالقابلة م ومن
 هناك الى الارض مجازاً من اللوح ف الى ف في بيروت المحل المرسل واخيراً
 الى القطبة السالبة ت من البطارية ب حيث تم الدائرة . فعند س محل
 التلغراف في بيروت م منقطعة حيث عن الدائرة الكهربائية برفع الطرف
 الاخر من المتاح . وفائدة انقطاعها ان الكهربائية الموجبة تدور الى
 الشام وترجع الى بيروت بالطريق المشار اليه المقصود سيرها فيه لاجل
 ارسال الخطاب الى الشام كما سيأتي لافي الطريق التي تاخذ الى م اذ لا فائدة
 من ذلك . اما الكلفانومتر فلزومه لتبيان مقدار المجاري في الدائرة الكهربائية
 ولمعرفة وجودها . ثم ان ترك ك لذاته يرجعه زنبرك فيتصل بالتق الذي كان
 قد انفصل عنه واذا كبس على المتاحك حيث في محل التلغراف س في دمشق
 يكون الباعث وس القابل . وطريقة ايضا الاتصال طبق ما اوضحناه قبلاً
 (شكل ٢٢١) غير ان المجري على جهة متقابلة . ولكل من الكاتبتين في المحلين
 علامات معينة برقمها الرام للدلالة على المحل المرسل اليه الرسالة التلغرافية
 وغير ذلك . وقد يصطنع جرس يدق عند بداية تشغيل التلغراف من محل
 آخر لاجل الانتباه الى قبول الرسالة

٤٢٢ طريقة رسم الحروف . ان الحروف التي ترقم بحرفي كهربائي ترقم
 بواسطة آلة يقال لها مكنا . واجزاؤها الجوهرية كما ترى (شكل ٢٢٢) . ففي
 بيروت مثلاً موضوع مغناطيس كهربائي م ملتف عليه شريط نحاسي رفيع
 طويل جداً وهو متصل بالشريط الموصل ل ل (شكل ٢٢١) بواسطة
 احدي الكاسين ذات البرغي س وشريطة تتصل بالارض بواسطة الكاس
 الاخرى س وطرف الشريطة المتصلة بالارض متصل بلوح معدني مغرز
 في الارض كما مر . فاذا كبس على المتاحك في دمشق فالجري مجاز لفات

المغناطيس الكهربائي ويجذب المحافظة المتصلة بالراقم الى اسفل . واما الطرف الآخر من الراقم المستمر فيه مسمار مروس من فولاذ فيرتفع ويكس المسار على

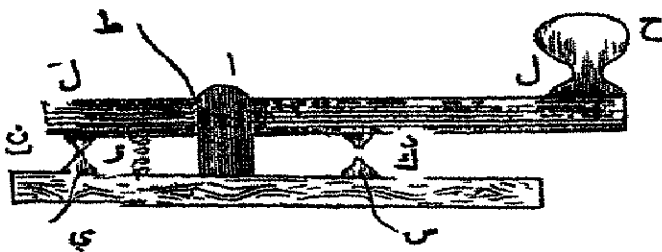
شكل ٢٢٢



سير من ورق ينشر عن ملفد فوق ويجر بواسطة زنبرك ودواليب مثل التي للساعة لم ترسم في هذا الشكل بسرعة نحو نصف عقدة في الثانية . وعند كبسه على الورق يخمش عليه علامة في بيروت . واذا رُفعت اليد عن المفتاح في دمشق حتى ينقطع الجري فالذراع الاقصر من الراقم يخليه المغناطيس الكهربائي فيسقط الذراع الاطول بثقله ومسار الفولاذ يبطل ان يكس على الورق . ثم اذا كبس على المفتاح ايضا برقم الراقم علامة اخرى في بيروت وهلم جرا وذلك يعرف عندهم بالدق فاذا اجتمع علامتان مختلفتان او اكثر يجعلان احرفا بحسب اصطلاح اصحاب التلغراف . ثم بين الحرف والحرف يوخرون الدق لكي تبعد علامات حرف عما يليه لاجل تمييزه ومثل ذلك بين كلمة وما تليها . اما اختلاف العلامات فيتوقف على الوقت الذي فيه يبقى مسمار الراقم مرتفعا فان ارتفع للحظة فقط تُرَقَم نقطة واذا ارتفع لوقت اطول يُرَسَم خط

عرضي^٤ والمحروف الهجائية تصنع باصطلاحهم بتركيب القطة والخطوط . وإذا ارادوا ان يكتبوا كلمة اب من دمشق مثلاً وكانت علامة الالف نقطة وخط وعلامة الباء خط وثلاث نقط بمركون اليد هناك على المفتاح ويجعلون اوقات الدق موافقة لرقم العلامات المذكورة فيرقم الراقم تلك الكلمة في يروت بالقلوب هكذا وهكذا يكتبون كلمات الرسالة وبعد ان تنتهي الرسالة يكتبونها ويرسلونها الى صاحبها . وبما ان حكومتنا لا ترخص باشهار علامات المحروف الهجائية نعدل عن اظهارها

٤٢٤ مفتاح التلغراف . فيما مر اشرنا الى المفتاح والاف نتكلم عنه باكثر ايضاح . فهو كما ترى (شكل ٢٢٢) . الخلل الخامس ل ل لا يحرك على شكل ٢٢٢



محور داخل في اعلى العمود
او عليه تتواف من بلاتين
دون على الجانب الاسفل .
وهذان يقرعان على قطعتي
بلاتين ك وب الاولى منها

تتصل بالشريطة س والثانية بالشريطة ي وس وي يتصلان بالموجة والسالبة من قطبي البطارية المرسله . فاذا ترك الخلل لذاتون وب يلتصقان بقوة الزنبرك ز . وحينما تضغط اليد على المسكة من خشب الأبنوس ح ينقطع الاتصال بين ن وب ويحصل عند د وك . وما عدا الشريطين المذكورين ي وس يتصل بالخلل الشريط المستطيل ط من محل بعيد بواسطة محور في ا . فحينما يكون المفتاح قابلاً كما يرى في الشكل فالجري من الخلل المرسل يسير على طريق ط ا ل ن ب ي ثم يمر على المكنا لاجل تدوين الرسالة كما مر ومن ثم الى الارض التي تتصل بها القطبة السالبة من البطارية في الخلل المذكور واذا ضغط على ح فالمفتاح يكون مرسلًا ويبعث الجري الكهربائي في طريق

س كذا ط الى المحل البعيد. فالذي يريد ارسال رسالة من محل تلغراف الى محل آخر يدق على مفتاحه والآخر في المحل الآخر يكتب الرسالة ويشهرها ومثل ذلك اذا اراد الثاني ان يرسل جواباً او رسالة

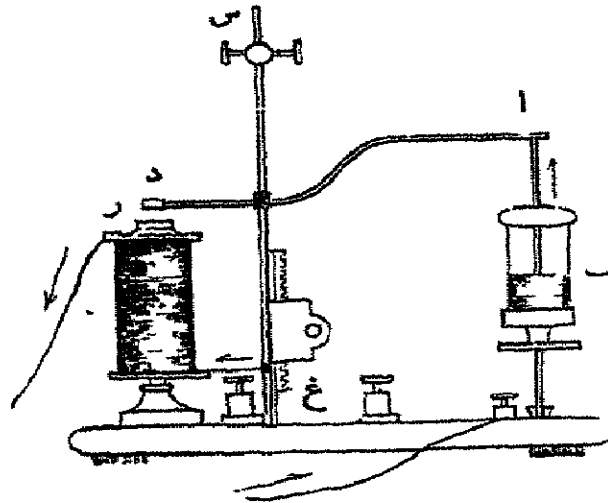
٤٢٥ كون الارض تصلح لاتمام الدائرة الكهربائية للتلغراف. انه في بداية اختراع التلغراف قد ظن انه لا بد ان يعمل شريط اخر غير ل (شكل ٢٢١) يرجع من المغناطيس الكهربائي في التلغراف البعيد الى القطبة السالبة في التلغراف المحلي لكي تتم الدائرة. ولكنهم بعد قليل لاحظوا ان الارض فضلاً عن كونها لا تكلف شيئاً هي اصلح للاتصال لاتمام دائرة لهذه الغاية. فيغرزون في ارض تلغراف المحل لوحاً من معدن تتصل به القطبة السالبة من البطارية وطرف واحد من لفة المغناطيس الكهربائي ولوحاً اخر في التلغراف البعيد كذلك فتتم الدائرة الكهربائية لبطارية المحل الواحد والاخر بواسطة الارض كما يتضح من (شكل ٢٢١). اما اللوحان فيصنعان غالباً من نحاس احمر ويقتضي ان تكون سعة كل منهما فوق عشرين قدماً مربعاً. ويقتضي ان يغرز في الارض الى عمق بحيث لا تنجف فيه الارض ابداً

الفصل الثامن

في اتمام الحركة الميكانيكية بواسطة المغناطيس الكهربائي

٤٢٦ قد اصطنع الآت شتى مختلفة لاجل اتمام حركة ميكانيكية بالكهربائية المغناطيسية نكتفي بذكر واحدة منها. على انه لم يصنع منها ما تفوق قوته ثمانية او عشرة حصن مع انها لا تقف على هذا الحد. لانه اذا كان ايجاد

قوة من المجرى الكهربائي تحرك آلة تقتضي نحو أربعين او خمسين ضعف ما يكلفه
ايجاد قوة بالآلة بخارية قلما نستعمل آلات المغناطيس الكهربائي . وانما لاجل
اعمال تقتضي حركة سريعة وقوة قليلة قد لوحظ ان الآلة كهربائية انسب من
الآلة بخارية . وهذا الشكل يوضح احدى الآلات الكهربائية المستعملة لاجل انعام
حركة ميكانيكية . فانها مولفة من قضيب معدني اد مسمر على عمود معدني
شكل ٢٢٤



س غ يدور على مسامره بسهولة في اسفله زنبرك . في طرف واحد من القضيب
قطعة من حديد لين د وفي الطرف الاخر قضيب حديد مغموس في الكاس
ب المتضمن جانباً من الزئبق . وتحت القطعة الحديد د المغناطيس الكهربائي
ر . واحد طرفي شريط لفة المغناطيس متصل بالقطبة الواحدة من بطارية
بنصن . واما القطبة الاخرى من هذه البطارية فمتصلة بكاس الزئبق ب .
والطرف الاخر من اللفة متصل بالقضيب المعدني بواسطة العمود س غ
فان غمس القضيب الحديد بالزئبق يتم دائرة بطارية بنصن وتنقطع حينما
يكون خارجاً . والزئبق يستحسن ان يغطى بالكحول لاجل عدم تبديد الكهرباء
لكونها غير موصل . فحينما يراد تشغيل هذه الآلة فلآن القضيب الحديد
موضوع بحيث يهدا طرفه فوق وجه الزئبق يكبس على القضيب ا د باليد

لأجل تنزيل القضيب الحديد الى الزئبق . ولأنه بذلك يتم الدائرة يتمغيط
 المغناطيس الكهربائي وقطعة الحديد على طرف القضيب اذ تنجذب الى اسفل
 فتلتصق به . وبذلك يرتفع الطرف الآخر من القضيب المذكور والقضيب من
 الحديد يخرج من الزئبق فتقطع الدائرة ويصبح المغناطيس الكهربائي غير ممغيط .
 فمرونة زنبرك العمود حيث ترجع القضيب المعدني وبالاستمرار يرجع
 القضيب الحديد الى الزئبق فتراجع الدائرة . ثم تتكرر الحركة كما مرّ وهكذا
 تدوم ما دامت البطارية مشغلة والجري جارياً . ويوجد انواع اخر من
 الآلات بها تم حركة ميكانيكية بالكهربائية لاحاجة لذكرها جارية على هذا
 المبدأ وهوانه باتصال الدائرة الكهربائية وانقطاعها يتمغيط حديد اللفة وتزول
 مغناطيسيتها فيجذب الحديد ويتركه ويحرك الآلة



الباب العاشر

في النور وفيه مقدمة وتسعة فصول
المقدمة

في النور وبعض موضوعات تتعلق به

٤٢٧ تحديد النور وما هيته. النور هو الفاعل الطبيعي الذي به يشعر عضو البصر بالاجسام المرئية وفي ما هيته قولان احدهما انه مادة لطيفة مؤلفة من ذرات دقيقة جداً تنتشر من الاجسام المنيرة الى كل الجهات على خطوط مستقيمة بسرعة فائقة جداً. وانه بواسطة تلك المادة المنعكسة عن الاجسام الى العين تدرك آلة البصر المرئيات

والثاني انه حاسية يحدثها نقر تموج مادة لطيفة جداً مرنة مائلة الفضاء يقال لها اثثير على عصب البصر. وهذا التموج انما يصدر عن الاجسام المنيرة التي لها قوة على اصداره وينبعث الى

عصب العين او يقع على الاجسام المرئية وينعكس عنها اليه فيحدث فيه الحساسية بالنور وبالوان المواد المرئية التي ياتي او ينعكس عنها كالاصفر والاحمر وغيرها كما ان تموج الهواء الصادر عن المواد المصوتة يحدث الحساسية بالصوت في عصب السمع وبشكل الصوت الآتي عن المواد كالرنة والطقطقة وغيرها. وهذا الشعور بالوان المواد المرئية يعرف بالبصر فالنور واللون في البصريّات يشبهان الصوت وشكله في السمعيات غير ان سرعة تموج النور نحو ١٧٥ ضعف تموج الهواء

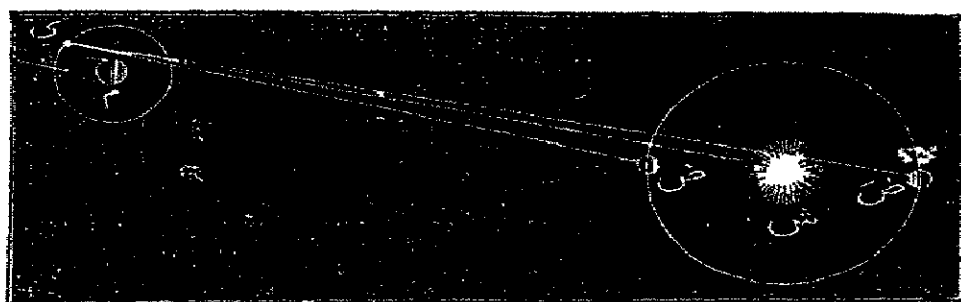
اما القول الاول فمذهب العلامة ابن خلدون وطائفة من الطبيعيين. واما الثاني فمذهب هو يحنس وجمهور الطبيعيين وهو المعول عليه عندم الآن وسياتي الكلام على اثبات كونه هو المرجح على الاول. اما القواعد الرياضية الآتية التي سنوضحها في النور فتجري على القول الاول اذ يُعتبر فيها النور مادة مضبوطة لكونه اقدم وهي مبنية قديماً على الاقدم

٤٢٨ تسمية الاجسام باعتبار ملاستها للنور. جميع الاجسام اما منيرة او مظلمة واما شفافة او شبيهة بالشفافة. اما المنيرة فهي التي يصدر عنها النور كالشمس والسراج والاجسام المشتعلة وغير ذلك فيكون نورها ذاتياً غير مكتسب. واما المظلمة فهي ما لا يصدر عنها نور ذاتي بل تكتسب نورها من مجاورتها لجسم ذي نور ذاتي بوقوعه عليها وانعكاسه عنها ولا ينفذ فيها النور فلا يرى

ما تجزئ دونه من الاشباح وذلك كالحجارة والخشب وبعض المعادن. واما الشفافة فهي التي ينفذ فيها كثير من النور وترى بنفوذ النور فيها صورة الاشباح التي تجزئ دونه كالزجاج الصقيل والهواء والماء الصافي. واما الشبيهة بالشفافة فهي ما ينفذ فيها قليل من النور فقط فلا تظهر صورة الاشباح التي تجزئ دونه جلياً كالزجاج غير الصقيل والورق المزيّن والماء المكدر. ويوافقه قول ابي العلاء المعري

والخل كالماء يُبدي لي ضائره مع الصفاء ويخفيها مع الكدر
٤٢٩ شعاع النور وسرعته . شعاع النور بالضم هو الذي نراه خطوطاً من النور مقبلة عليك حينما تقابل الجسم المنير وهو اسم جمع واحده شعاعة وجمعها اشعة او شعاع او شعاع بالكسر. واذا اجتمع عدة شعاع منه متوازية سميت حبلًا من النور وشعاع مجتمعة الى نقطة سميت قلماً او مخروطاً وتسمى تلك النقطة بالبورة. وهذه الشعاع تنتشر من الجسم المنير الى كل الجهات في خطوط مستقيمة وذلك يتضح من انه اذا توسط جسم مظلم بين العين وجسم منير لا يبقى منظوراً من نوره ما حال الجسم المظلم دونه . وكذلك اذا دخل حبل من شعاع الشمس الى غرفة مظلمة برى مستقيماً. اما سرعة سيره في ١٩٢٠٠٠ ميل في كل ثانية. وقد بين

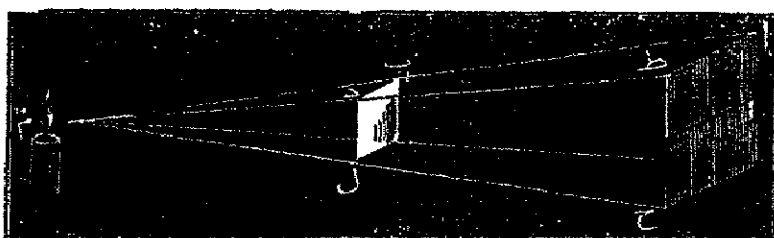
ذلك العلامة رومر المنجم الدانماركي سنة ١٦٧٨ من مراقبات
متوالية لخسوفات اول اقمار المشتري اي الاقرب اليه
ويتضح ذلك من النظر الى (شكل ٢٢٥). فان ش تدل على الشمس
وض الارض وم المشتري وي اول اقماره والجزء المظلم وراء المشتري هو ظل
الذي ترميه الشمس. وقد عُرِف بالحساب ان اول اقمار المشتري يدور حول
ذلك السيار مرة في ٤٢ ساعة و ٢٨ دقيقة و ٢٦ ثانية وانه بدخوله في ظل
المشتري يتخسف في كل دورة. فقد لاحظ رومر انه اذ كانت الارض تسير
من ض المنزل الاقرب من المشتري الى نحو ض المنزل الابعد كان زمان
خسوفات القمر المذكور المتوالية يطول بالتدرج كما انه بالرجوع من ض الى
شكل ٢٢٥



ض كان يتناقص زمان الخسوفات كذلك. فكانت كل الزيادة في الزمان
بالمرور من ض الى ض $16\frac{1}{2}$ دقيقة تقريباً وكل التناقص في النصف الباقي
في حركة الارض $16\frac{1}{2}$ دقيقة كذلك. فافتكر المعلم المذكور انه لحصول
ذلك لا بد من هذا التعليل وهو ان الارض على الحال الاول كانت تبعد
عن المشتري فافتضى للنوران يسير ابعد فابعد عند كل خسوف لكي يصل
الى المراقب وعلى الحال الثاني بالعكس. فاستنتج من ذلك ان النور قد افتضى
٤ $16\frac{1}{2}$ دقيقة لكي يجتاز قطر دائرة الارض حول الشمس وذلك بموجب علم
الفلك يساوي نحو ٨٠٠٠ ١٩٠٠ ميل فاذا قسمنا هذا العدد على الثواني في

الوقت المذكور اي ٩٩٠ ثانية يخرج ١٩٢٠٠٠ ميل. وقد امتحن هذا الامر
وتأكد بطرق أخرى لا حاجة الى ذكرها
٤٤٠ كثافة النور. ان كثافة النور الآتي من جسم منير
تتغير بالقلب كمربع البعد

شكل ٢٢٦



ليكن م مصباحاً و ب ل جسماً سطحه المقابل المصباح مستطيل وليقع ظلّه
على سطح يوازيه مثل ا ح. فلا يخفى ان م ت ح هرم قد قطع بالسطح ب ل
لكون الظل واقعاً ضمن السطوح المارة على حدود ب ل وقد فرض موازياً
لقاعدته ا ح. فيكون ا ح : ب ل :: ا ط : ب د :: م أ : م ب فاذا نسبة ا ح :
ب ل :: م أ : م ب. فاذا رُفع الجسم ب ل فواضح انه يقع على ا ح النور
الذي كان واقعاً عليه لكونه داخل حدود ظلّه والامر ظاهر ان كثافة هذه
الكمية من النور تتغير بالقلب كاتساع السطح اي ان ا ح : ب ل :: كثافة
النور على ب ل : كثافته على ا ح وقد بينا ان ا ح : ب ل :: م أ : م ب فاذا
كثافة النور على السطح ب ل الى كثافته على السطح ا ح :: م أ : م ب اي
كثافة النور تتغير بالقلب كمربع البعد. وذلك يطابق البرهان على ان
قوة الجاذبية تتغير بالقلب كمربع البعد فراجعة

وذلك يتأكد بهذه التجربة وهي خذ اربعة مصابيح زيت ذات مقدار
واحد من النور واجمعها بعضها مع بعض لكي تحسب كنور مصباح واحد. وعلى

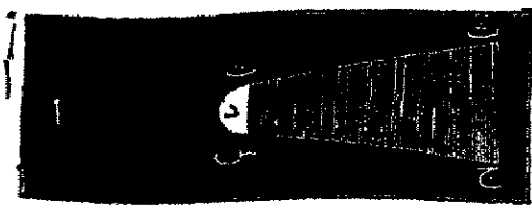
بعد مناسب ضع ظلمية من الورق واجعل جسمًا مظلمًا يتوسط بين المصابيح والظلمية ليرمي ظله على الورق. ثم خذ مصباحًا خامسًا وضعه بين المصابيح والجسم حيث يمس ظل الجسم الواقع منه على الورق ظله الواقع من الاربعة المصابيح بدون ان يقع عليه وعلى بعد حيث يظهر الظلان باسراق واحد. فتري حيث ان بعد الاربعة المصابيح عن الورق مضاعف بعد المصباح الواحد. وهكذا اذا اخذنا تسعة مصابيح يقتضي ان يكون بعدها عن الورق ثلاثة اضعاف بعد مصباح واحد لكي يكون الظلان من سواد واحد وهم جراً. ولما كان الجسم المظلم يحجز بظله المرمي من الاربعة المصابيح نفس المقدار من النور الذي يحجزه بظله المرمي من المصباح الواحد لظهور الظلين بلون واحد اذا يكون بعد الاربعة مضاعف بعد الواحد تكون كثافة نور مصباح واحد اربعة اضعاف كثافة نور مصباح آخر على مضاعف بعد. ومن ذلك يتأكد ما مر وهو ان كثافة النور تتغير بالقلب كمرجع بعد الجسم المنير وبهذه الطريقة يمكننا ان نقيس اناة جسم منير على آخر. لانه اذا وضعنا مصباحين مختلفان في قوة الانارة على بعدين من الورق بحيث يكون لون ظليهما واحداً تكون نسبة مربع بعد احدهما الى مربع بعد الآخر ككثافة الثاني الى كثافة الاول. واذا فرض كثافة نور احدهما واحدة وقيس البعد يتج لنا من النسبة كثافة الآخر او قوة انارته بالنسبة اليه. مثاله اذا كان لظل قضيب معدني موضوع في نور مصباح زيت على بعد ٢ اقدام من سطح ابيض وقع عليه الظل لون ظل ذلك القضيب في نور لهيب من الغاز على بعد ١٢ قدماً منه تكون قوة انارة الغاز ١٦ مرة انارة الزيت لان $٢^٢ : ١٢^٢ :: ١ : ١٦$ ك - ١٦

٤٤١ امتصاص النور. قد تقدم ان الاجسام الشفافة هي ما ينفذ فيها النور. والان نقول انه لا يوجد جسم تام الشفافية

ينفذ فيه النور كله بدون ان يفقد منه شيء بل جميع الاجسام الشفافة تمتص جانباً من النور النافذ فيها غير ان بعضها يمتص منه أكثر من البعض الآخر. وتختلف الكمية الممتصة من النور ايضاً في مادة واحدة شفافة باختلاف سمك تلك المادة. فاذا نفذ النور في جسم شفاف سميك جداً يمتص كمية وافرة منه حتى يحدث غالباً ان النور النافذ ليس بذي كثافة كافية لحصول حاسة البصر. وقد عرف ان نور الشمس يمتص الجلد جانباً منه بنفوذِهِ فيه الى الارض. وذلك يتبين من ازدياد لامعية النجوم بالصعود الى الاماكن العليا كقم الجبال وكون الاشباح في اعالي الجبل تُرى اجلى مما تُرى قرب الارض وجلالة البصر في تلك الاعالي فايق جداً حتى لا يكاد يميز النظر بين الابعاد. وقد حسب انه لو كان علو الجبل ٧٠٠ ميل لامتص كل نور الشمس. واما الاجسام المظلمة فتمتص كل ما لم ينعكس من النور عنها اذ يقع عليها من الجسم المنير. وسياتي الكلام على انعكاس النور

شكل ٢٢٧

٤٤٢ الظل والظليل.



اذا صاد نورٌ صادر من نقطة منيرة مثل اجساماً مظلمة مثل د كافي الشكل فلكون النور لا يخترق الجسم المظلم بحجرة عن مروره

في الفسحة الواقعة وراءه بين الخطوط المستقيمة من التقط المتيرة
الماسة دائر ذلك الجسم فيصطنع من ذلك ظل. فان كان الشج
المظلم كرة فالظل ت ت ج س هو مخروط ناقص

ان جميع الاجسام المنيرة ذات جرم واتساع فهي مولفة من

شكل ٢٢٨



عدد غفير من نقط منيرة. وكل

نقطة منيرة هي بورة قلم من شعاع

منيرة مستقلة ولكل قلم ظل

مستقل. لتدل ا ب على قطع

جسم منير وت ت على قطع شج مظلم. فمن كل نقطة من ا ب

ينبثق قلم من اشعة نور والقلم المنبثق من النقطة ا يعيق مسيره

الشج ت ت والشعتان الملامستان طرفي الشج من نقطة اتسيران

في جهة ازاداي ان النور الصادر من نقطة ا يحجزه الجسم المظلم

عن المسير في الفسحة بين الخططين المستقيمين ت ت و ت ر. وهكذا

النور المنبثق من النقطة ب يعاق عن المسير في الفسحة بين

الخططين ت ت و ت ر وكل النور الصادر من النقط بين النقطتين

ا وب يحجز عن المرور في الفسحة بين الخططين ت ت و ت ر اذ يدخل

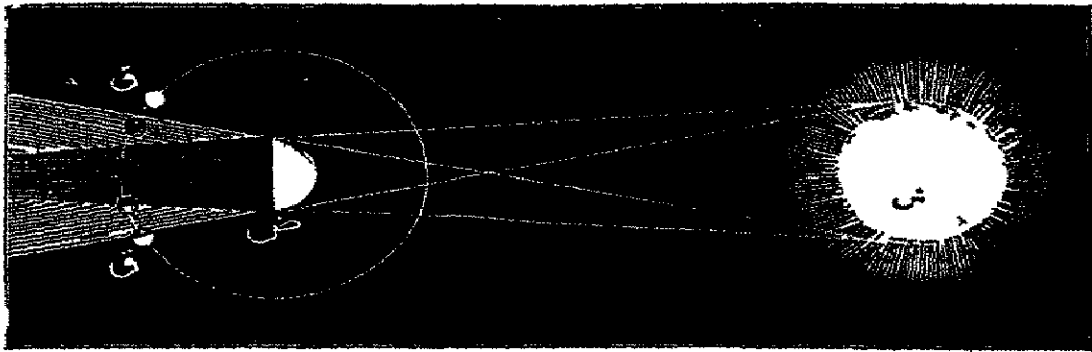
بعضه في الفسحين بين الخططين ت ت و ت ر وبين الخططين ت ت ر

و ت ز

الفسحة بين الخطين ت ذ و ث ر هي الظل كما مر والفسحان
بين ت ذ و ت ذ وبين ث ر و ث ز المحجوز عنها بعض نور
الجسم المنير يقال لها الظليل وذلك يطابق الظليل السمي المذكور
(رقم ٢٧٦) وظلام الظليل بزداد تدريجاً بالانتقال من حديه
الى نحو حدي الظل حيث يصير الظلام تاماً

والظل والظليل يحدثان من وقوع نور الشمس على الارض . ولذلك
عند ما يمر بها القمر لما تكون الارض بينه وبين الشمس يخسف . وعند دخوله
في الظليل أولاً لا يرى ظلام الخسوف حالاً كما يرى اذا دخل الظل المظلم
وذلك يتضح من النظر الى (شكل ٢٢٩) . لنفرض ش الشمس وض
الارض وق القمر دائراً حول الارض كما هو مقرر في علم الفلك . فتعا

شكل ٢٢٩



الشمس ترمي من الارض ظلاً حالاً كما مخروطي الشكل وظليلاً حوله اقل ظلاماً
كما ترى . فعند ما يدخل القمر في الظليل لا يرى الخسوف جلياً بل يتغيش
قليلاً ولكن يخسف جلياً عند دخوله في مخروط الظل ويقال ان خسوفه
كلي اذا دخل كله في المخروط بحيث تكون سعته كافية لتعيط به وجزئي اذا
دخل جزؤه وحلفي اذا كان مركزه في محوره بحيث لا يحيطه . وذلك
يتوقف على بعده عن الارض وميله عن الظل فان كان قريباً وطريقة قرب

محور الظل حتى يحيطه بخسف كلياً او بعيداً بحيث لا يحيطه مخروط الظل
ومروءه في محور الظل فحلقياً لانه بيان حيثئذ كحلقه او كان دخوله في جانب
المخروط بعيداً او قريباً فجزئياً ولا يخسف مطلقاً ما لم يمس الظل . ومثل ذلك
اذا مرّت الارض في ظل وظليل القمر اللذان ترميها الشمس على الارض
عند ما يتوسط القمر بينهما فان الارض حيثئذ تجناز في الظليل والظل للقمر
فيخفي بهما نور الشمس وتنكسف لنا جزئياً او كلياً او حلقياً . واما الوصول الى
معرفة طول ظل الارض او ظل القمر بموجب حساب المثلثات اذا عرف
قطر الشمس وقطرايهما يراد معرفة طول ظلها وبعده عنها فسهل . ولكون
ذلك من متعلقات علم الفلك نعدل عن ذكره

الفصل الاول

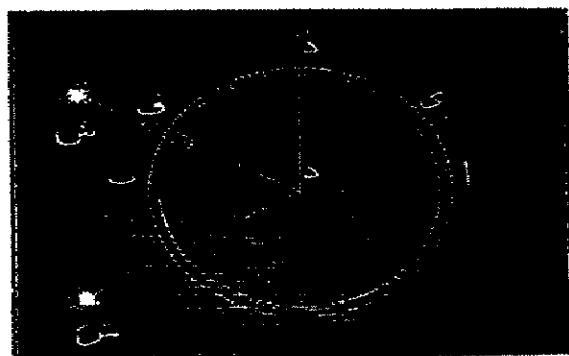
في انعكاس النور

٤٤٢ انعكاس النور هو اندفاعه راجعاً عن جسم بعد ان
يقع عليه من الجسم المنير . وبعض الاجسام وهي الشفافة يخترقها
النور كما مرّ فلا ينعكس عنها الا قليلاً جداً وبعضها وهي المظلمة
يتمص جانباً من النور وما بقي ينعكس عنها وكل ما كان منها اتم
صفاً لا كان انعكاس النور عنه اتم كالمرميا والسطوح الصقيلة
من المعادن وغيرها

إذا انعكس النور عن سطح صقيل فزاوية الوقوع تساوي زاوية الانعكاس وكلا الزاويتين يكونان في سطح واحد. وهذه الحقيقة قد برهنها بيرهان هندسي في الكلام على المصادمة (رقم ١٠١) والآن نشير إلى الطريقة التي بها نتأكد بالتجربة

لتوضع دائرة متسامتة منسومة الى درجات في قصعة من الزينق بحيث يقع مركزها د في وجه السائل الافي اب (شكل ٢٢٠) وليكن ذ د عموداً

شکل ۳۳۰



من المركز عليه وليصنع على الدائرة انبوبات ي وف تدوران كدوران القطر . فان اتجهت ف الى الشمس ش يلاحظ ان الشعاع المنعكس لا يمر في الانبوبة ي فيرى الناظر فيها الشمس ما لم تكن زاوية ف د ذاتي تقاس على الدائرة ذات الدرجات متساوية لزاوية ي د د و سطح الدائرة يمر في الشمس . والناظر يرى الشمس حينئذ على جهة د ش . ويقال لزاوية ف م د زاوية الوقوع ولزاوية ي س د زاوية الانعكاس . فينتج ان سطح الانعكاس د د ي و سطح الوقوع ذ د ف على استواء واحد وانه اذا وقعت شعاع متوازية على سطح يعكس النور تكون متوازية بعد الانعكاس

٤٤٤ اذا وقع قلم شعاع منتشر من نقطة منيرة على سطح مرآة

فالشعاع المنعكسة يظهر انها صادرة من نقطة خلف المرأة بعدها عنها بعد بورة الوقوع امامها

ان وقع قلم شعاع من البورة ا (شكل ٢٢١) على ي ف جزء من سطح المرأة د ذ تظهر البورة خلف المرأة عند ب بحيث يكون البعدان العموديان ب د و ا د متساويين لان كلا من الشعاع ا ي ا ف الخ زاوية انعكاسها ح ي ت الخ تساوي زاوية وقوعها ح ي ا وبالنسبة تكون ممتناهما ت ي ذ ا ي د متساويين.



ارسم ا د عموداً على د ذ واخرجه الى ب حتى يقطع الشعاع المنعكسة ت ي المخرجة الى الورااء. فالزاوية ا ي د تساوي ت ي ذ التي تساوي المتقابلة لها ب ي د. وايضاً الزاوية القائمة

ا د ي تساوي ب د ي و ي د مشترك بين المثلثين د ي ب د ي ا فاذا ا ي - ي ب و ا د - د ب. ولما كانت كل شعاع خارجة من ا و واقعة على المرأة د ذ يصدق عليها هذا البرهان فواضح ان القلم المنعكس يظهر انياً من النقطة ب

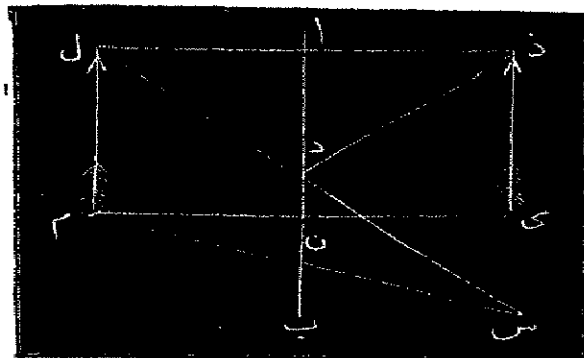
٤٤٥ اذا وُضع شمع امام مرآة مستوية فصورته تظهر خلف المرأة على بعدٍ عنها يساوي بعده نفسه عنها لان الاشعة الواردة من الشمع تنتشر بعد الانعكاس من نقط متقابلة خلف المرأة على نفس بعدها

وذلك يتبين من (شكل ٢٢٢). لتكن م ن مرآة مستوية و ا ب شجماً موضوعاً امامها. وليكن وضع الشج بحيث الشعاع المنعكسة تدخل العين عند ح وك. ومن ا و ب لينع العمودان ا آ ب ب فالشعتان ا ذ ا د

الريال وجه الزجاج من امام يكون بعدة عن الزبيق بمقدار سمك الزجاج والصورة تظهر خلف الزبيق على بعد يساوي بعد الريال امامه فيكون بعد الصورة خلف الزبيق يساوي سمك الزجاج . ثم ان الاشباح التي توازي المرايا بصيريمينها يسارها وبالعكس . فاذا قابل شخص امرأة مستوية فصورة يده اليمنى تكون على يسار صورته واليسرى عن يمينها فيكون قد انعكس الجانبان . ومثل ذلك اذا امتحنا كتاباً امام مرآة وكانت طريقة الكتابة من اليمين الى اليسار كالعربية او من اليسار الى اليمين كالافرنجية ترى الكتابة في المرأة منعكسة اذ تظهر من اليسار الى اليمين وبالعكس

٤٤٦ اذا كان شبح موازياً لمرآة مستوية فطول او عرض ذلك الجزء من المرأة التي تظهر عليه الصورة نسبتة الى طول او عرض الشبح كنسبة اي شعاعة منعكسة الى مجموع الاثنتين الواقعة والمنعكسة

اذا كان الشبح ذي موازياً للمرأة اب والصورة ل م تراها العين من عند س . فان د ن طول ذلك الجزء من المرأة التي تاخذ الصورة يقابل شكل ٢٢٢



زاوية ل س م التي يظهر امامها الشبح فطول الصورة ل م يساوي طول الشبح ذي كما مر . ولان د ن يوازي ل م تكون نسبة د ن : ل م :: س د : س ل

ولكن س د هي الشعبة المنعكسة وس ل تساوي مجموع الشعبتين الواقعة والمنعكسة . ولذلك الشبح الذي لا يرى كله اذا كانت العين على بعد معلوم من المرآة يصير مرئياً بتقريب العين اليها لانه كما تنقص نسبة الشعبة المنعكسة الى مجموع الواقعة والمنعكسة ينقص ذلك الجزء من المرآة الذي يقتضي ان يحنوي كل الصورة فاذا راى ناظر كل صورته في مرآة مستوية موضوعة على موازاة فطول المرآة لا بد ان يكون بقدر نصف طوله . لان شعبي الوقوع والانعكاس تكونان حينئذ متساويتين وبالتسوية تكون الثانية تساوي نصف مجموع الاثنتين ولذلك المرآة تكون نصف طول الشبح

٤٤٧ اذا وُضع شبح بين مرأتين مستويتين متوازيتين يحصل صف مستطيل من الصور خلف ايها يتجه النظر اليها جميعها واقعة في الخط المستقيم المرسوم من الشبح عمودياً على المرآة
لتكن ا ب وس د مرأتين متوازيتين وي شبحاً موضعاً بينهما . فصورتي تكون عند ف على بعد خلف س د كبعد ي امامها اذا اتجه النظر اليها . وصورة
شكل ٢٢٤



اخرى ج على بعد خلف ا ب كبعد ي امامها كذلك وصورة ف تكون عند ح على بعد خلف المرآة ا ب كبعد ف امامها كذلك . وصورة ح تكون خلف س د عند ط كذلك الخ . فيحصل صف غير متناه من الصور كلها واقعة على الخط المستقيم الخارج الذي يمر بالشبح والصورة ي وف . ويعلل عن ذلك ان الجسم ي يظهر بموجب ما مر للناظر الى ا ب خلفها في ج على بعد امامها ويرى منه

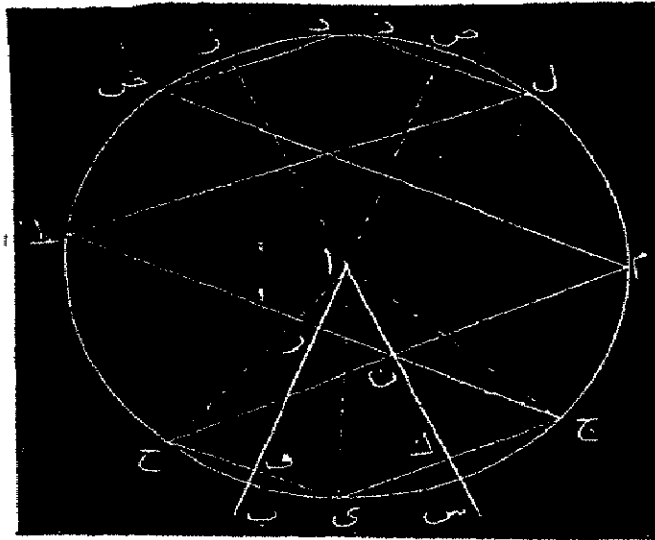
الوجه المقابل لب ثم تباين صورة المرأة س د للناظر المذكور بوقوع شعاعها على ا ب وانعكاسها اليه خلف ا ب بين ج و ح . وبوقوع الشعاع من وجه الجسم المقابل للمرأة س د عليها وانعكاسها عنه الى ا ب ثم الى عين الناظر تظهر صورة ي في ح خلف صورة س د على بعد ج امامها . ثم بوقوع شعاع ا ب على س د وانعكاسها ايضا الى ا ب ثم الى العين تظهر صورة ا ب خلف ح ويظهر ي خلفها على بعد ح امامها . ثم تظهر صورة س د ثم صورة ا ب وصورة ي خلف كل منها وهم جراً الى ان يظهر صف من المرايا والصور تمتد الى ما شاء الله ويراه الناظر ممتداً الى نهاية النظر . والمرأتان يظهر كل منهما في الصف بعد الاخرى والشبح بينهما تارة يرى وجهه وتارة قفاه في الصف بالتتابع . وعلى هذا المبدأ من اراد ان يرى قفا رأسه ونقرته يضع مرآة خلفه واخرى امامه فيرى في الخلفية التي تظهر في الامامية صورة ذلك وعليه قول الشاعر

أقرن برأيك رأيي غيرك واستشر
فالمرء مرآة تربى وجهه
فالحق لا يخفى على اثنين

ولا يخفى ما مر ان تكرار صور المرأتين والشبح ناتج عن تكرار الانعكاس لان الانعكاس مرة من اي كان منها يرى صورة واحدة منه والانعكاس مرتين يري صورتين وهم جراً . ولا يخفى انه من كل نقطة من جسم ينشئ حزمة من الاشعة بعضها ينعكس للعين مرة وبعضها مرتين الى ما لا نهاية فتأمل

٤٤٧ اذا وضع شبح بين مرأتين مستويتين احدها مائلة على الاخرى اي غير متوازية لها فالصور التي تحصل مصطفة كما مر تقع في محيط دائرة مركزها في تقاطع السطحين ونصف قطرها بعد الشبح من تلك النقطة

ليكن اب اس (شكل ٢٣٥) سطحين مستويين صقيبلين ميل احدها على الآخر زاوية ب اس وي شجاً موضوعاً بينهما . ارسم ي ف عموداً على اب واخرجه الى غ واجعل ف غ - ي ف فالشعاع التي تنشر من ي وتقع على اب تنشر بعد الانعكاس من ح فتكون ح صورة ي . من ح ارسم ح ن عموداً على اس واخرجه الى م جاء لان م - ح ن فتكون م الصورة الثانية للجسم ي الخ . ايضاً ارسم ي ك ج عموداً على اس واجعل ك ج - ك ي وكذلك ارسم ج ر ط عموداً على اب واجعل ر ط - ر ج الخ فالصور المتوالية المحاصلة مبتدئاً من ح خلف اب هي ح م ض د . والتي تبثدي من ج خلف اس هي ج ط ل ذ . ثم لان ي ف يساوي ف ح و ا ف مشترك بين المثلثين ا ف ح ا ف ي شكل ٢٣٥



والزاويتان عند ف قائمتان يكون اح - اي . وعلى الاسلوب المذكور يبين ان اج او ام يساوي اي وبالضرورة تكون النقط ح ج ط م في محيط دائرة مركزها ا ونصف قطرها اي

ان كانت زاوية ب اس متناهية فعدد الصور محدود لانه لما كانت ب اس ا قد اخرجنا الى ص وز فالشعاع المنتشرة من النقطة ذ بين ز وص

لا تلاقي واحداً من السطحين اذ كانت ليست امام احدها بل خلف كل منهما
وهكذا الشعاع المنتشرة من النقطة د

كل فسخة الانفراج بين المرآتين اعني القطاع ا ب س تُصطنع صورة
في دائرة كما تصطنع صور شمع بينهما اذ كان يجوزان تعتبر شجماً . ولما كان جرم
كل من القطاعات يتناقص يتناقص ميل المرآتين فيزداد تكرار عددها
على نفس نسبة تناقص الجرم ويزداد عدد صور شمع بين المرآتين على نسبة
ازدياد عدد القطاعات فعدد صور شمع بين مرآتين يزداد كنفصان ميلها .
ولما كان نقصان زاوية ميلها يقربها الى التوازي فعدد الصور يقترب الى عدم
التناهي باقترابها الى التوازي

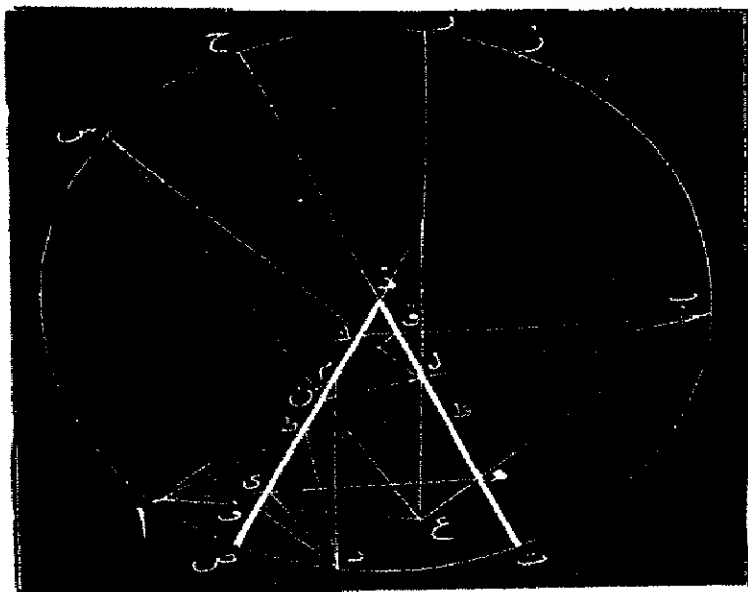
٤٤٨ لما كان المتعلم احياناً يصادف صعوبة بتصور طريقة

الاشعة التي تجري فيها الاصطناع الصور المتتابعة فلا باس من ان
نزيد على ما مرّ ما يوضح ذلك . فنقول انه ما ترددت او انعكست
شعاع النور بمرورها من شمع الى العين فالشمع يرى في تلك الجهة
التي فيها النور اخيراً يلاقي العين . فباصطناع الصور السابقة
شعة النور قد تنعكس ثلاث او اربع انعكاسات في جهات
مختلفة . ولكن لا تزال الصورة تظهر في خط الشعاع الاخيرة التي
تلاقي العين

لتكن ذ ص وذت مرآتين زاوية ميل احدها على الاخرى ت ذ ص .
فان كانت العين عند ع والشمع عند د وصورة التي تحصل من وقوع الشعاع
على ذ ص عند ا ب س فكل صورة انما ترى بقلم الشعاع الذي يأتي من
المرآة الى العين كأن مصدره تلك الصورة . ا رسم خطأ من الصورة ز الى العين

ومن تقاطعو بالمرآة ارسم خطاً الى الصورة س امام المرآة ومن تقاطع هذا
الخط بالمرآة الثانية خطاً الى الصورة امامها وهكذا الى ان تصل الى د . وعلى

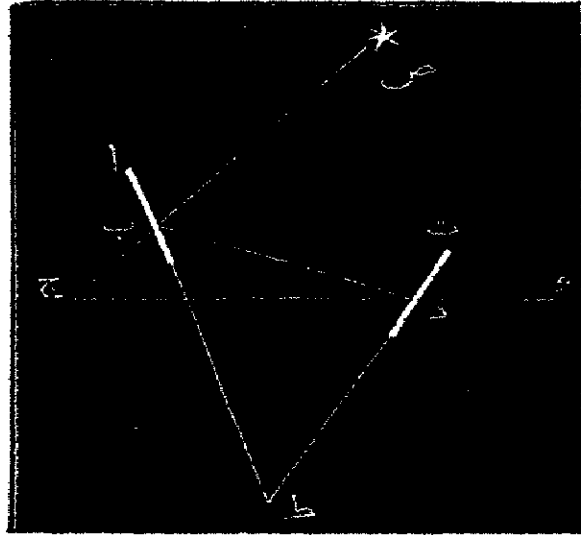
شكل ٢٢٦



هذا الاسلوب ترسم خطوطاً من بقية الصور وحيث يمكن ان يتتبع مسير قلم
النور من د . فاذا كان ا ع مرسوماً ود ف مرسوماً الى نقطة التقاطع ف
تري الصورة ا بالشعة د ف ف ع . وعلى هذا الاسلوب ب ترى بالشعة
د هـ ع و س ترى بالشعة د ط ط ل ل ن ن ع و ز ترى بالشعة
د م م ق ق ك ك ل ل ع . وعلى كل حال زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس
متساويتان على المرآتين

٤٤٩ اذا نظرت صور شبح بعيد مرتفع كجرم سماوي بانعكاس
النور عن مرآتين مستويتين اذ يكون خط تقاطع سطحي المرآتين
عمودياً على سطح الانعكاس تكون زاوية هبوط الصورة عن
الشبح تساوي مضاعف ميل المرآتين
لتكن ا ب ث د (شكل ٢٢٧) مرآتين مستويتين لأحدهما زاوية ميل

على الأخرى . ليخرج ا ب و ت د حتى يلتقيا في ط فتكون زاوية ا ط ت ميل
المرايين . ولكن ص ب شععة نور آتية من شجـ بعيد كنجم ومنعكسة عن ا ب
شكل ٢٢٧



الى ت د ومن ت د الى العين عند ج فتكون صورة ص عند و في خط
ج د المخرج اخرج ايضاً ص ب الى ج فتكون و ج ص زاوية هبوط الصورة
عن الشجـ اذ يكون خط تقاطع المرايين المار في ط عمودياً على سطح ا ط ت
الذي هو سطح الانعكاس . فعلينا ان نبرهن ان زاوية ص ج و هي مضاعف
زاوية ا ط ت

لان ج ب ط - ا ب ص - ط ب د فاذا ج ب د - ٢ ط ب د وعلى
هذا الاسلوب بين ان ب د و - ٢ ب د ت ولكن ص ج و - ب د و -
ج ب د - ٢ ب د ت - ٢ ط ب د - ٢ ب ط د . اذا تكون ص ج و -
٢ ب ط د . وعلى ذلك اذا كانت المراة ا ب متوازية للمراة ت د فلا تتغير
جهة النجم لانه لا ميل للمرايين حيثئذ . واذا دار سطح المراة ا ب ط فزيادة
زاوية الشععة المنعكسة مضاعف زيادة زاوية المراة . فبادارة مراة في ٤٥°
تنتقل الصورة ٩٠° او في ٦٠° تنتقل الصورة ١٢٠° . وعلى هذا المبدأ قد
اخترع سدس هيلي الذي يستعمل في قياس ارتفاع الشمس والنجوم عن

(٤) مرآة أخرى عند ي. وهذه يقال لها زجاجة الافق وهي أيضاً عمودية على سطح الآلة ومتوازية لسطح الافق متى كانت سبابة مقياس الزند عند صفر في بداية اقسام قوس السدس. وقسم منها مغطى بزئبق يستخدم كمرآة والقسم الآخر باقٍ شفافاً فيها ترى الاشباح في موقعها الحقيقي

(٥) نظارة عند ن تقابل الخط الفاصل بين الجزء الشفاف من زجاجة الافق وبين الجزء المغطى بالزئبق بها ترى صورة الجرم المنعكسة اشعته عن الجزء الزئبقي في زجاجة الافق بعد انعكاسها عن مرآة الزند ويرى أيضاً الافق من الجزء الشفاف

(٦) زجاجات ملونة توضع بين مرآة الزند وزجاجة الافق عند ح لكي تمنع عن العين اذى نور الشمس الباهر بمروره فيها قبل وقوعه على زجاجة الافق. وقد توضع زجاجات ملونة أيضاً خلف زجاجة الافق لكونه يراقب بالآلة أحياناً صورة الشمس الباهرة تحت الافق الزئبقي كما سترى. وجميع هذه الزجاجات الشبيهة بالشفافة تجعل تدور على محور ثابت في الآلة بحيث يمكن توسطها بين شعاع الشمس والعين او توسط بعضها او نزعها عند ادارتها بحسب مقتضى الحال

٤٥١ انه بهذه الآلة تقاس زاوية ارتفاع الشمس والقمر والنجم من النجوم عن الافق. لانه اذا نظرنا الى الشمس بالنظارة وسبابة مقياس الزند عند صفر تظهر الشمس ذاتها في الجزء الشفاف من زجاجة الافق وصورتها في الجزء الزئبقي على جهة واحدة اذ تكون المرآتان حيثن متوازيتين كما اشرنا. (ولا تأثير من البعد الطفيف بين الشععة الواقعة من الشمس حيثن والمنعكسة اخيراً الى العين الموازية لها باعتبار بعد الشمس فتحسبان كأنها شععة واحدة). فاذا نزلنا صورة الشمس بواسطة تحريك المدقق على القوس الى الامام وتبعناها بالنظر الى ان تصل الى الافق الذي يرى جلياً بالنظارة تعرف زاوية ارتفاعها

عنه . لانه اذا نظرنا الى السبابة نقرا الدرجات وعشرات الدقائق على القوس ومن النظر الى الاتفاق بين اقسام المدقق وبين اقسام القوس نقرا آحاد الدقائق وعشرات الثواني

مقالة بعد تنزيل الشمس الى الافق وجدت السبابة بعد ٢٥° بين القسم الثالث والرابع من اسداس الدرجة وكان الاتفاق بين اقسام المدقق والقوس بين ٦ و ٧ من المدقق على بعد ٢ اقسام من ٦ يكون ارتفاع الشمس $٢٠' ٢٦' ٢٥^{\circ}$ لان الدرجات وعشرات الدقائق عرفت من القوس و $٢'$ و $٦'$ عرفت من المدقق . وعلى هذا الاسلوب يقيسون ارتفاع جرم سموي عن آخر ثم انه لما كان الافق يخفي احيانا بالجمال او الغيوم او غير ذلك فاذا اريد قياس ارتفاع جرم حيثنذ توضع صحفة من زبيق على الارض ثم يقف الناظر بحيث يرى صورة الجرم تحت الافق في وسط الزبيق . ثم تنزل صورته على المرآة الى ان تمس صورته السفلى في وعاء الزبيق على جانبها فاذا تكونت تلك الزاوية التي نقرا على القوس والمدقق مضاعف زاوية ارتفاع الجرم عن الافق لان كلا الجرم وصورة على بعد واحد من الزبيق (رقم ٤٤٥) يوخذ نصف تلك الزاوية لزاوية الارتفاع

ثم من هذه الآلة يعرف الظهر الحقيقي . لانه اذا نزلت صورة الشمس قبل الظهر بنصف ساعة او اقل الى ان تمس صورتها في الزبيق ثم تحرك قليلا من الزمان تنخفض الصورة في الزبيق وترتفع الصورة في المرآة فتتفرقان واذا رجعتا تتفرقان ايضا وهكذا الى ان يصير الظهر فتقف الصورتان ثم ينعكس العمل بعد الظهر بان تاخذ صورة الصحفة بالارتفاع وصورة المرآة بالهبوط فيتفرقان ايضا . وبين هذين الحالين يكون الظهر تماما . اما ارتفاع الصورة في المرآة وانخفاضها فلا ارتفاع الشمس نحو خط الهجر وانخفاضها عنه . واما انخفاض الصورة في الصحفة وارتفاعها فلا ارتفاع الشمس او انخفاضها وذلك يتضح من تأمل قليل بالاشعة الواقعة والمنعكسة . اما علة ارتفاع الشمس

الانثري غير القابلة الذوبان . ونعرف من التاريخ ان ارخميدس الفيلسوف احرق مراكب مرساوس لما حاصر سراقوسا بواسطة مرآة مقعرة . ومرآة كهن تصنع غالباً من معادن مصقولة كالنحاس والقصدير . وقد تجمع عدة مرايا مقعرة معاً وتركب بحيث تجمع بورتها معاً فتصهر اقوى المعادن كالبلاتين صهراً عجباً

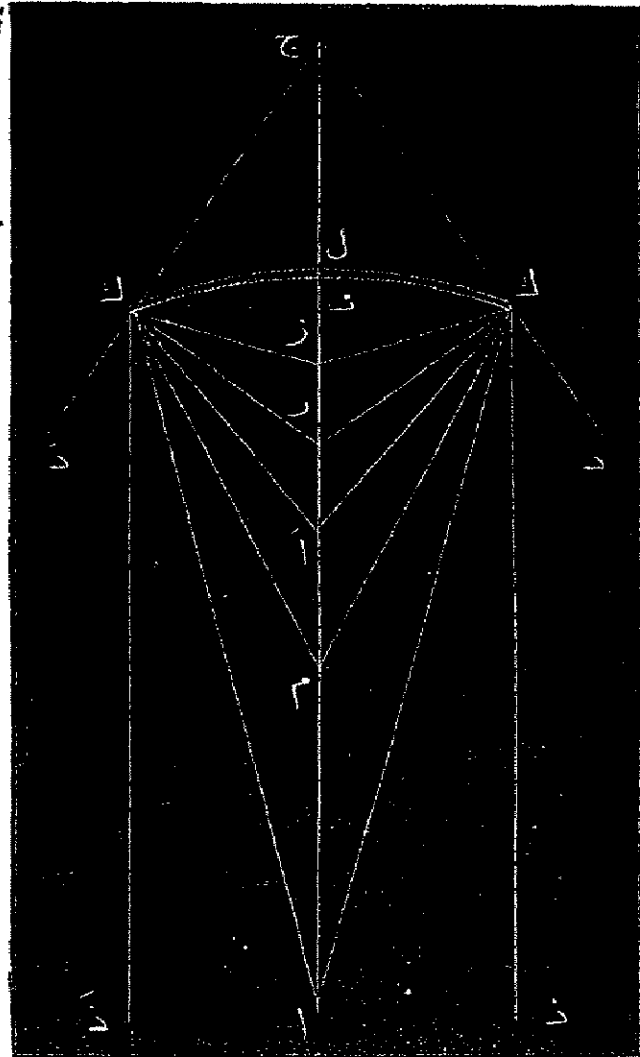
القضية السابقة تجري على شعاع قرية جداً من محور المرآة س ي . وإنما اذا ابتعدت الشعاع المتوازية من المحور فالبورة ف نصير اقرب فاقرب الى النقطة س حتى يصير القوس س ا مساوياً 60° فتطبق نقطة ف على س . لان س ا ف و ا س ف اذا كان كل منهما 60° فالزاوية الباقية من المثلث ا ف س لابد ان تساوي 60° ايضاً وبا لتتبع س ف لابد ان يساوي س ا ف بالضرورة تطبق نقطة ف على نقطة س

٤٥٣ شعاع منتشرة واقعة على مرآة مقعرة تجمع الى بورة بتغير موقعها كتغير بعد الضوء عن المرآة بموجب هذا الناموس ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس على جانبي نصف قطر التقعير متساويتان

فان كانت نقطة نور ا بعد عن المرآة من المركز كما اذا كانت عند ا (شكل ٢٤٠) تكون البورة بين المركز والمرآة . او كانت المركز فالشعاع ترجع اليه . او كانت اقرب الى المرآة فالبورة تجناز الى الجانب الاخر منه وتندوم تبعد عنه حتى تصل النقطة المنيرة الى موقع البورة الرئيسة فلا يكون لها بورة حيث بل تنعكس اشعتها متوازية وقبل وصولها اليها اذ تكون بينها وبين المركز ترتقي بورتها على الجانب الاخر منه الى بعد غير متناهي . واخيراً اذا جعلت النقطة المنيرة اقرب الى المرآة من البورة الرئيسة فالشعاع تنشر

ولا ترجع الى بورة ايضا . وكل ذلك يتضح جليا من ناموس الانعكاس اذ
تجعل زاوية الوقوع على جانب نصف قطر المرآة الذي يحسب عموديا عليها

شكل ٢٤



تساوي زاوية الانعكاس على جانب الآخر . مثالة الشعاع الخارجة من التجمع
في آ والتي من م المركز ترجع الى م ايضا والتي من آ تتجمع في آ والتي من ر البورة
الرئيسة تنعكس في خطوط متوازية ك ذ ك ذ على جانبي المحور والتي تأتي من
ز تنعكس في خطي ك د ك د والتي يظهر انها خارجة من عند ج . ثم ان وضع
الجسم المنير قرب المرآة اولاً ورجع عنها تدريجياً يظهر العكس . ولذلك الجسم

الميرورين المقابلتين يسميان البورتين المنضمتين . ففي هذا المثال البورتان المنضمتان تتقاربان حتى تلتقيا في المركز ثم تتباعدان على جانبيه حتى تصل البورة القريبة من المرأة الى البورة الرئيسة اذ تفترق البورتان احدهما عن الاخرى الى بعد غير محدود

ثم لان كم ينصف زاوية اك آ فحسب (اقليدس ق ٢ ك ٦)
 اك : آ ك :: ام : آ م اي ان نسبة بعد البورة خلف المركز عن سطح المرأة الى بعد التي امامة عنه هي مثل نسبة بعد الاولى عن المركز الى بعد الثانية عنه
 ثم لنجد عبارة جبرية منها يعرف واحد من هذه الثلاثة الاشياء وهي اك م ك
 آ ك ان عرف اثنان . ارسم ك ف (شكل ٢٤٠) عمودياً على ال

ولما كان ك آ ف - ك م ف + آ ك م

و ك اف - ك م ف - اك م

فاذا جمعنا هاتين المعادلتين فلان آ ك م - اك م يكون

ك اف + ك آ ف - ٢ ك م ف

ولكن ان فرض ان المرأة قسم صغير من سطح مقعر لكرة فهذه الزوايا

تساوي جيوبها تقريباً ولذلك ج ك اف + ج ك آ ف - ٢ ج ك م ف

وحسب حساب المثلثات ج ك اف = $\frac{\text{ك ف}}{\text{ك آ}}$

و ج ك آ ف = $\frac{\text{ك ف}}{\text{ك آ}}$

و ج ك م ف = $\frac{\text{ك ف}}{\text{ك م}}$

اذنا $\frac{\text{ك ف}}{\text{ك آ}} + \frac{\text{ك ف}}{\text{ك آ}} - \frac{\text{ك ف}}{\text{ك م}} = \frac{\text{ك ف}}{\text{ك م}}$

او $\frac{1}{\text{ك آ}} + \frac{1}{\text{ك آ}} - \frac{1}{\text{ك م}} = \frac{1}{\text{ك م}}$

فان عرف اثنان من هذه الثلاثة الاجزاء من المعادلة نجد الثالث بسهولة

س ١ امرأة مقعرة نصف قطرها ١٠ عقد وقع عليها نور مشر من نقطة

على بعد ١٤ عقدة امام المرأة مطلوب بعد البورة المنضمة عن المرأة

ج $\frac{1}{14} + \frac{1}{14} - \frac{1}{10}$ وكأ - ٧٤٧٧ عند

٢ إذا انتشر قلم من نور من نقطة بعدها ٣٢ عقدة من مرآة مقرة
نصف قطرها قد مان مطلوب بورتها المنضبة

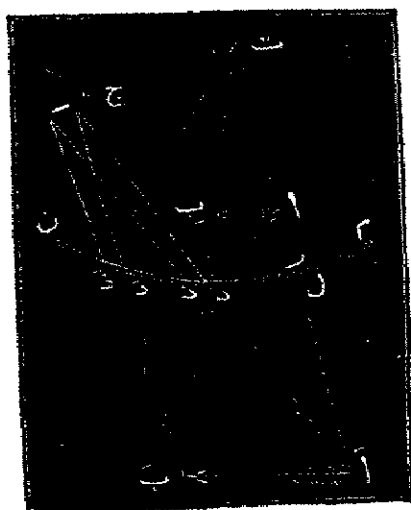
ج ك أ - ١٨٤٥٤ عقدة

٤٥٤ اذا وضع شيخ امام مرآة مقعرة. فلصورته مقادير ومواقع

مختلفة تتوقف على بعد الشج عن المرأة

ان لذلك اربعة احوال

(١) متى كان شمع بين المرآة وبؤرة الشعاع المتوازية تظهر الصورة خلف المرآة وإبعد من الشمع عنها وإكبر منه . لتكن م مرآة مقعرة (شكل ٢٤١) وت مركزها و ا ب الشمع . م ن ا ر سم ت ا آ ت ب ب و ليوضع الشمع بحيث تصل الشعاع المنعكسة الى العين عند ج . فإلشعتان ا د ا ذ الخارجتان من ا تنعكسان الى العين عند ج جاعلة مع العمود ت ذ ا و ت ذ زاويتين متساويتين وتنتشران كأنهما اتتا من شكل ٢٤١

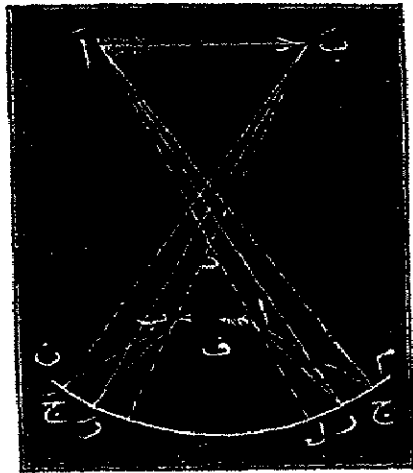


وبموجب اقليدس (ق ٢ ك ٦) $آد : دا :: آل : ل$ او قد تبين ان $آد$ اعظم من $دا$ اذا $آل$ اعظم من $ل$ وبالاخرى $آ$ اعظم من $را$. وعلى هذا الاسلوب بين ان الشعاعين $ب د ب$ ذو دخلان العين كانها خرجنا من $ب$ حيث يلتقيان بالخطات $ب ب$ وان $ب ب$ اعظم من $د ب$. فيكون من مشابهة المثلثات $آ ب آ$ اعظم من $اب$ بنسبة $ب ب$ الى $ت ب$

(٢) اذا وضع الشئ في بورة الخطوط المتوازية فالشعاع تخرج متوازية ولن تجتمع بعد حتى تصنع صورة من ذاتها ولا تاتي من نقطة خلف المرآة فتصنع صورة وهمية كما في الحال الاول

(٣) اذا وضع الشئ بين بورة الشعاع المتوازية والمركز تصنع الصورة على الجانب الاخر من المركز مقلوبة واكبر من الشئ. لتكن $م$ ن (شكل ٢٤٢) المرآة المقعرة مركزها $د$ وف بورة الشعاع

شكل ٢٤٢



المتوازية واب الشئ. من $د$ ارس $دا$ و $د ب$ واخرجها الى $آ وب$. ثم لتكن $ا ر ا ج$ وب $ر ب ج$ حزمين من الشعاع جاريين من الطرفين $ا وب$. فهذه الشعاع بعد الانعكاس في جهات $ر آ و ج آ ر ب ج ب$ تلاقي العمودين $د آ د ب$ في نقطتي $آ وب$ على بعد من المرآة اعظم من بعد المركز وهناك

تُصنع صورة هاتين النقطتين من الشئ وهكذا باقي النقط بينهما كما مر. اما كون الصورة ابعد عن $د$ من الشئ فلان الشعاعين $ار آ$ يجعلان زاويتين متساويتين مع نصف القطر $د ر$ فتكون $د آ$ اعظم من $دا$ بقدر ما تزيد $آ ر$ على $را$ اقليدس (ق ٢ ك ٦) و $آ$ اعظم من $ار$ لان $ر آ$ ابعد من $را$ عن عمودي

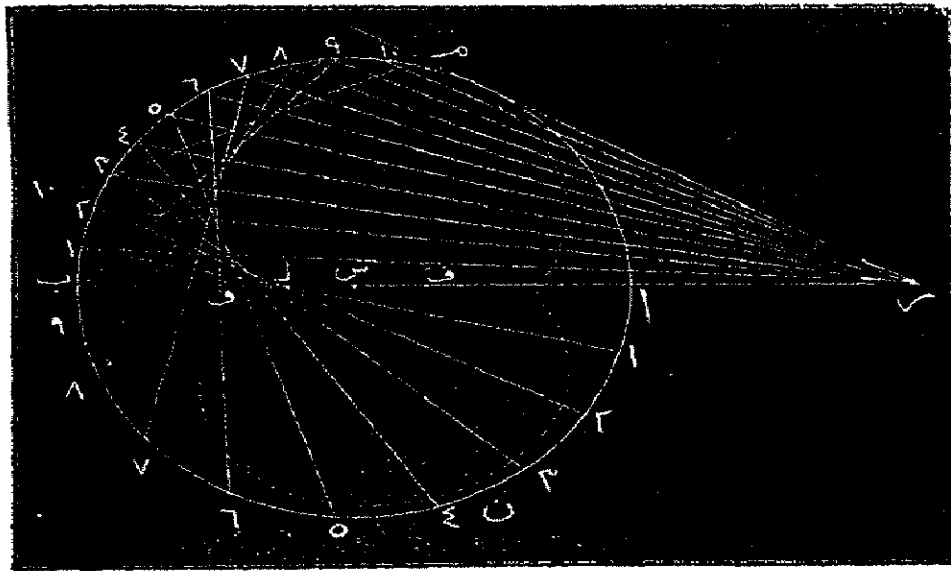
يرسم من رالى آل افليدس (ق ا ك ا) فبالضرورة آد اعظم من د ا وفي
المثلثين المتشابهين آ د ب واد ب نسبة آ ب : اب :: آد : ا د اي ان الصورة
اعظم من الشج بمقدار زيادة بعد الصورة عن المركز على بعد الشج عنه
(٤) اذا وضع الشج ابعد من مركز المرآة المقعرة تكون الصورة بين المركز
وبورة الشعاع المتوازية مقلوبة واصغر من الشج. وذلك يظهر من (شكل ٢٤٢)
لان هذه الحال قلب التي قبلها وتضع اذا افترضنا ان الشعاع ثاني من آ ب
وتعكس الى اب اذ يكون آ ب الشج واب الصورة. واذا وضعت النقطة
الوسطى من الشج في مركز المرآة تنطبق الصورة على الشج وتقلب. اما كون
مركز الصورة ينطبق على مركز الشج فينتج ما تقدم اذ كانت الشعاع المنعكسة
ترجع في طريق الشعاع الواقعة او العمودي والاشعة الصادرة من طرفي الشج
اب تجعل زوايا متساوية مع هذا العمودي على جانبيه ولذلك تقع على الشج
صورة مقلوبة راجعة من المرآة

ان الاحوال المذكورة تتأكد بالتجربة. فلنفرض ان مصباحا مضيقا موضوعا
قريبا جدا من مرآة مقعرة فلا تصنع صورة امامها لان الشعاع تخرج حينئذ
متفرجة ولكننا نرى صورة المصباح مكبرة خلف المرآة. ثم بابتعاد الضوء عن
المرآة الى نحو البورة الرئيسة تبعد الصورة بسرعة على الجانب الآخر من المرآة
ولا تزال تتعاضد حتى يصل الضوء الى البورة المذكورة وحينئذ تخفي الصورة
سريعا. وينقل الضوء ابعد قليلا توجد الصورة على بعد امام المرآة مكبرة جدا.
ثم اذ يقترب الضوء الى المركز تقترب الى الصورة على الجانب الآخر منه ولا
يزال حجمها يتناقص حتى يلتقيا ويتطابقا في المركز. ثم ينقل الضوء الى ابعد
تظهر الصورة ايضا بين المركز والبورة اصغر حجما ولا تزال تقترب الى البورة
باطناء ولكنها لن تصل اليها ما لم يعتبر النير على بعد غير محدود كالنواكب
السموية. وكل ذلك يوضح الاحوال المذكورة

س. لميب مصباح علوه عقدتان وضع امام مرآة مقعرة نصف قطرها
 ٢ اقدم على بعد ١٠ اقدم مطلوب بعد الصورة المنقلبة وجرمها
 الجواب $\frac{2}{3} - \frac{1}{2} = \frac{1}{6}$ وك $\frac{1}{2} = 2$ عقد البعد
 و $84:14 = 6:2$ وك 203 . عقدة اي الحجم

٤٥٥ انه بانعكاس النور من مرايا مقعرة يظهر شكلان

متخيلان على هيئة خصوصية يقال لهما محترقات الانعكاس
 ليكن م ب ا (شكل ٢٤٢) مرآة كروية مقعرة مركزها س وبورتها الرئيسة
 ف وليكن ر م ب قلماً من شعاع واقفاً على النصف الاعلى م ب من المرآة عند
 شكل ٢٤٢

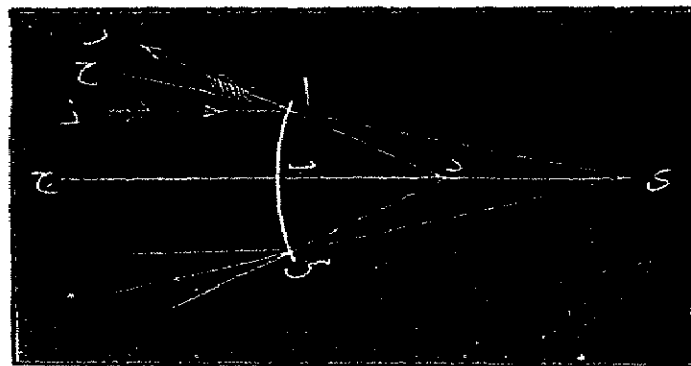


النقط او ٢ او ٣ الخ. فان رسمنا انصاف اقطار من المركز الى كل هذه النقط
 وجعلنا كلاً من زوايا الانعكاس تساوي كلاً من زوايا الوقوع فنحصل على
 جهات وبورات كل الشعاع الواقعة. را بورتها المنضمة عند ك بين ف والمركز
 س. والشعة الثانية ر ٢ تقطع الاولى اقرب الى ف وتعلو قليلاً عن المحور وهكذا
 في البقية ترى البورات تقترب من س الى نحو ف وتعلو قليلاً. ويرسم كل الشعاع

المنعكسة الى هذه البورات يرى انها تتقاطع كما في الشكل وتصنع بتقاطعا
معنى المحترقات م ك. ومثل ذلك يصطنع معنى المحترقات ن ك بوقوع قلم
شعاع على النصف الاسفل من المرآة. ويسمى بذلك لان النقط التي ترسم
هذين المنحنين هي المع واحد من سائر الفسحات لاجتماع الشعاع والحرارة التي
تصحب الشعاع في تلك النقط. وهذان المنحنيان يظهران على وجه الحليب في
كاسه بيضاء او فنجان موضوع في الشمس

٤٥٦ الانعكاس عن مرآة محدبة. اذا وقعت اشعة متوازية
على مرآة محدبة تنعكس كأنها منفرجة من نقطة خلف المرآة.
ويقال لهذه النقطة البورة الوهمية

لكن اب س مرآة محدبة مركزها ي ولتكن ذ ا ج ب شعاع متوازية واقعة
شكل ٢٤٤



عليها اخرج اي الى ح واجعل الزاوية ح ا ر - ح ا ذ. فلان زاوية الانعكاس
تساوي دائماً زاوية الوقوع فالشعة ذ ا تنعكس في جهة ا ر كأنها صدرت من
النقطة د. وكذلك الزاويتان د ا ي د ي ا متساويتان كما يتضح ذلك بادي
تأمل بموجب الهندسة فخط د ا - د ي وان كانت المرآة صغيرة يُشعر ان خط
د ي - ب د اي ان بورة الشعاع المتوازية او البورة الرئيسة هي د في النقطة
الوسطى لنصف قطر الحديد. ولكن نقطة د ليست النقطة حيث تجتمع الاشعة

المنعكسة حقيقة بل حيث تجتمع لو أخرجت الى خلف سطح المرآة. ولذلك يقال لهذه النقطة البورة الوهمية

٤٥٧ أشعة منفرجة واقعة على مرآة محدبة تنعكس كأنها منفرجة من نقطة خلف المرآة أقرب اليها من البورة الرئيسة لتكن م ن (شكل ٢٤٥) مرآة محدبة و ج مركز التقعر و ا م و ا ن شعنتين منفرجتين من ا تقعان على المرآة عند نقطتي م و ن والخطان ج م ي ج ن ي شكل ٢٤٥



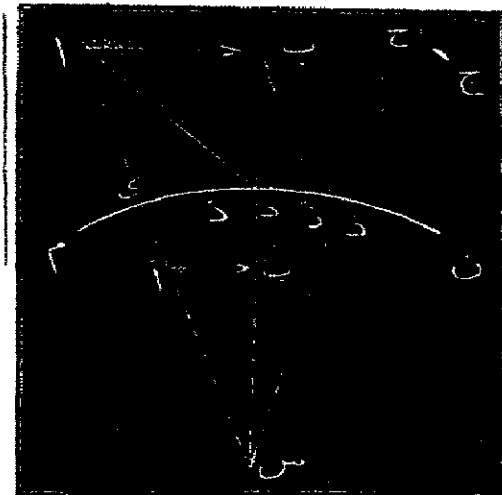
عموديان كما مر (شكل ٢٤٤) على المرآة عند م و ن. فان جعلنا زاويتي الانعكاس ي م ب ي ن ب متساويتين لزاويتي الوقوع ي م ا ي ن ا تكون م ب ن ب الشعنتين المنعكستين اللتين ان أخرجنا الى خلف ثلثيتان في ذ بورة الشعاع خلف المرآة. ثم انه لو اوضح ان زاوية ا م ي اعظم مما تكون لو اتت الشعاع على موازاة ا د وبالنسبة تكون ي م ب ا و ج م ذ اعظم مما تحصل لو كانت ا م توازي ا د. وهكذا بشأن ج ن ذ فلا بد ان تكون ذ حيث تلقي هاتين الشعنتين اقرب الى د في هذا الشكل من د الى ب (شكل ٢٤٤) اي انه في انعكاس الشعاع المنفرجة بعد البورة الوهمية د ذ اقل منه في انعكاس المتوازية. ولنفس هذا السبب اذا افترضنا ان الجسم المنير عند النقطة ا اقترب الى المرآة فالبورة الوهمية ذ تقترب

اليوم لا يصل ٢ الى النقطة د تصل ذ اليها. وعلى هذا الاسلوب اذا ابتعد ا عن
المرآة فالبورة ذ تبتعد عنه وإذا كان ا بعيداً الى غير نهاية كجرم سموي او متى
انت الشعاع متوازية كما في (شكل ٢٤٤) فالبورة ذ تصل الى مكان البورة
الرئيسة

٤٥٨ اذا وضع شبح امام مرآة محدبة تظهر الصورة اقرب الى
سطحها من الشبح وادغر منه حجماً

لتكن م ن (شكل ٢٤٦) مرآة محدبة مركزها س والشبح ا ب. وليكن

شكل ٢٤٦



موقع الشبح بحيث تدخل الشعاع المنعكسة عنه في العين عند ح. من س ارسم
س ا س ب يقطعان المرآة م ن في ي وذ. فالشعاعان اذا د تنعكسان الى ح
و ح جاءتين زاويتين متساويتين مع كلٍّ من العمودين الخارجيين من س
الى ذ والى د ولذلك تدخل العين كأنها انت من نقطة ما مثل آ عند تقاطع
هاتين الشععتين بالعمودي ا س فتظهر صورة نقطة ا من الشبح عند آ. وعلى هذا
المنوال ب ذ ب د الواقعتين على نقطتي ذ د تنعكسان الى العين كأنها اثنا
من ب حيث يقطعان العمودي المرسوم من ب الى س. ثم اذا كانت الشعاع

المنعكسة تنفرج أكثر من الواقعة تكون النقطة أ أقرب الى المرآة من ا وتكون الصورة آ ب أصغر من الشئ ا ب بنسبة س ب الى س ب

٤٥٩ في مرآيا كروية سواء كانت مقعرة أو محدبة نسبة قطر الشئ الى قطر الصورة كبعد الشئ عن المركز الى بعد الصورة عنه. وإيضاً كبعد الشئ عن وجه المرآة الى بعد الصورة عنه

لأنه بالنظر الى المرآة المقعرة والمحدبة ترى الشئ والصورة يقابلان زاوية مشتركة وزاويتين متساويتين عند المركز والمحيط ويمشابهة المثلثات يكون طولها كبعديها عنها. ففي (شكل ٢٤٦) مثلاً نرى ا ب وآ ب يقابلان ا س ب المشتركة عند المركز ومثلث ا س ب يشبه آ س ب فقطراها يتغيران كبعديها عن المركز ويقابلان ا ذ ب وآ ذ ب المتساويتين ومثلث ا ذ ب يشبه آ ذ ب فقطراها يتغيران كبعديها عن سطح المرآة وهكذا في المرآيا المقعرة

ان الناظر الى مرآة مقعرة يرى وجهه بوجهه بخلاف بتقريبه أو ابتعاده إياها عنه كما يأتي. فإذا مسكها قرب وجهه يرى صورته واضحة لأن الشعاع تأتي منفردة ومكبرة لأنها تكون أبعد كما مرّ وحجمها يتغير كبعدها. وبتباعد المرآة تصير الصورة أكبر فأكبر حتى تصل العين الى البورة الرئيسة. ثم من البورة الرئيسة الى المركز لا يرى صورة واضحة لأن الشعاع تأتي الى العين مجتمعة الأمر الذي ينافي حصول صورة ممتازة. وعند المركز ترى العين صورتها فقط إذا كانت الصورة تنعكس الى الشئ وتنطبق عليها ومتى اجناز المركز يرى وجهه على الجانب الآخر من المركز امام المرآة ولئن تكن العادة تقتاده الى ان يرجعها الى خلف المرآة ويكون أصغر إذ يكون أقرب الى المرآة ومقلوباً لأن قلمي الشعاع من طرفي الشئ ومن أي نقطتين بينهما على بعد واحد منها يتقاطعان فينقلبان بين المركز والمرآة والعين ترى كل نقطة بشعنها

مادة أكثف مادة الطيف عمودي

الفصل الثاني

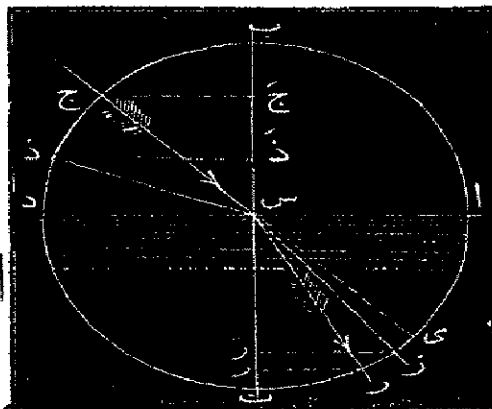
١٢٢٠

في انكسار النور

٤٦٠ انكسار النور هو زيغانه عن جهة مسيره اذا اجناز الى مادة شفافة اكثف او الطف من التي كان مسيره فيها. فاذا اجناز الى مادة اكثف صار الى نحو خط عمودي مرسوم فيها من ملتقى النور بسطحها على ذلك السطح. واذا اجناز الى الطف صار عن العمودي المذكور

فلنفرض ا د (شكل ٢٤٧) سطح ماء مثلاً. وج س شعة من الشمس

شكل ٢٤٧



مارة بالهواء واقعة على الماء. فهذه الشعة باجنازها من الهواء الى الماء لا تبقى على جهة مسيرها الى جهة ي بل تزوغ الى نحو س ت العمودي من س على د ا وتسير في جهة س ر. فكانها قد انكسرت الى شعتين

وها ج س وس ر ولهذا سي انحرافها عن مسيرها بالانكسار. وتسمى ج س الشعة الواقعة وس ر المنكسرة. واذا اخرج س ت الى ب تسمى ج س ب زاوية الوقوع

ورس ت زاوية الانكسار ورس ي زاوية الزيغان . واذا فرضنا شععة
مثل ب س وقعت عمودية فلا تنكسر اذ تنطبق على س ت العمود على د ا
في الماء ولا يكون بعد بينهما لتميل اليه . واذا اجنازت شععة مثل ز س من الماء
الى الهواء تنكسر اذ تبتعد عن العمود س ب مثل س د

٤٦١ اذا اجنازت شععة نور من مادة الى اخرى تختلف عنها
في الكثافة فليجي زاوية الوقوع وزاوية الانكسار نسبة واحدة ابداً
بين احدهما والاخر والشعة الواقعة والمنكسرة تكونان في سطح
واحد

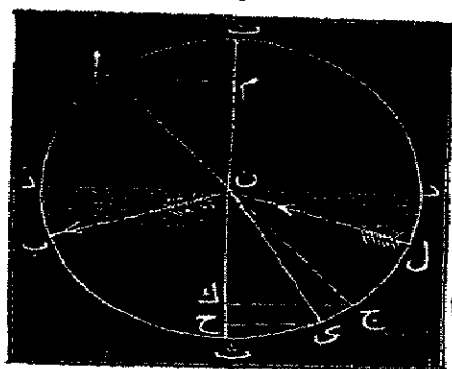
هذا الامر يظهر بالتجربة . لنكن ج س (شكل ٢٤٧) شععة من نور واقعة
على السطح د ا من ماء او مادة اخرى . فهذه الشععة عوضاً ان نتقدم في خط
ج س المخرج الى ي تحرف او تنكسر عند س الى جهة س ر . وعلى هذا الاسلوب
يرى ان شععة اخرى مثل ذ س واقعة على نفس النقطة س تزوغ او تنكسر
الى خط س ز . من النقطة س ارسم خط ب س ت عمودياً على السطح د ا .
واجعل س مركزاً وارسم دائرة ج ب ت . فان قابلنا زوايا الانكسار بزوايا
الوقوع كل واحدة با تي تخصها لان شعرة بوجود نسبة خصوصية بينهما الا ان
الواحدة تزداد او تنقص مع الاخرى ولكن اذا قابلنا جيوب هذه الزوايا اي
الخط ج ج بالخط ر ر والخط ذ ذ بالخط ز ز نجد ان نسبة كل من الزوجين
الى الآخر ثابتة اذ يكون ج ج الى ر ر ابداً مثل ذ ذ الى ز ز مما كانت قيمة
زوايا الوقوع او الانكسار . فان كان د ا سطح ماء واجنازت اليه شععة من الجلد
فنسبة جيب زاوية الوقوع الى جيب زاوية الانكسار تكون مثل ٤ الى ٣ تقريباً
وهذه النسبة تبقى على حالها مهما تغيرت زاوية ميل الشععة على سطح الماء واذا
اجنازت شععة من الجلد الى البلور تكون النسبة مثل ٣ الى ٢ ومن الهواء الى

الكبريت مثل ٢ الى ١ ومن الهواء الى الماس مثل ١ الى $\frac{1}{2}$. واذا حسبنا جيب زاوية الانكسار لشعة من الشمس تنجاز من الجلد الى الماء واحداً يكون بموجب النسبة المذكورة للماء جيب زاوية الوقوع $\frac{1}{2} - 1,42$ وذلك ما يقال له دليل الانكسار. فيكون دليل الانكسار للبلور ١,٥٠ وللكبريت ٢ وللماس ٢,٤٥. فللماس القوة العظي في تكسير النور. واذا اجنازت شعة من مادة الى الطف منها ينقلب الدليل فيكون دليل الانكسار للهواء بالنظر الى الماء $\frac{1}{4} - 1,75$ وهلم جرا. ثم بادخال النور في ثقب صغير عند ج (شكل ٢٤٧) حتى يجناز في ثقب آخر عند س بواسطة انبوبة مفتوحة الفوهتين ويقع على قعر الاناء عند ر يوجد بالامتحان ان النقط الثالث ج وس ور في سطح واحد هو عمودي على وجه الماء

ولنا امثلة توضح ما ذكر. فاذا نظرنا الى مجذاف سفينة غاطس في الماء نراه ملوياً او مكسوراً وذلك لان نور الجزء الغاطس الذي هو يبصر ذلك الجزء باجنيازه من الماء الى الهواء يميل عن العمودي في الهواء فيظهر على جهة الشعبة المنكسرة اعلى ما هو حقيقة ومثل ذلك ظهور قعر نهر مرتفعاً وانقص عمقاً ما هو. ثم اذا وضع جسم كربع مجيدي اوليرة او خلاف ذلك في قعر كاسة ثم رجعت العين عن الكاسة الى ان يخفي الجسم في قعرها بحيث تجز شفة الكاسة عن العين الشعاع الآتية من الجسم وثبتت العين في مكانها فاذا صب ماء حيثئذ في الكاسة يظهر الجسم للعين. وذلك لكون الشعاع الآتية من الجسم بعد صب الماء يميل او تنكسر عن العمودي في الهواء المرسوم من ملتقى الشعاع بسطحه فتري العين ذلك الجسم على جهة الشعبة المنكسرة في الهواء فيعلو عن مكانه الحقيقي

ينتج ما تقدم انه اذا فرضت زاوية الوقوع باجنياز النور من مادة الطف الى اكثف او من اكثف الى الطف تعرف منها زاوية الانكسار. وانه اذا

استخرجت زاوية الانكسار المجهولة التي نحصل من وقوع النور من مادة اكدف على مادة الطف وظهرت انها اكثر من 40° بان كان جيبها اكثر من واحد الذي هو بموجب حساب المثلثات نصف قطر او جيب 40° فلا تجناز الشعـة حيثئذ الى الالطف ولا يحصل انكسار بل تنعكس في المادة نفسها . مثال ذلك لنفرض (شكل ٢٤٨) الشعـة ان وقعت عند ن من الهواء على الماء المفروض سطحه د ذ اصنع الدائرة ا د ذ وارسم العمودي ت ن ث . فاذا افترضنا ان زاوية ان ت - $50' 41^\circ$ شكل ٢٤٨



مثلاً ونصف النظر ن ت - كما يفرض
في جداول الجيوب الطبيعية يوجد في
الجدول ان الجيب ام - ٠٤٦٦٨٠٤٩١
فاذا انقسم هذا الجيب على دليل الانكسار
للماء ١٠٣٣ او ١٠٣٣٦ باكثر تدقيق
يكون الخارج ٠٢٦٨٠٥٠٠ وهذا الجيب

تقابل زاوية 30° تقريباً . فاذا افترضنا ح ي - هذا الجيب تكون ن ي شعة الانكسار جاعلة زاوية ي ن ث - 30° . ا ونقول $4:3 :: 55'41'$: ج ي ن ث المجهولة - 30° تقريباً . ثم اذا فرضنا ان الشعنة ن ي اجنازت من الماء الى الهواء وفرضت زاوية ي ن ث 30° تعرف ان م بضرب جيبها في دليل الانكسار واخذ الزاوية التي تقابل الجيب الحاصل فتكون $55'41'$ او $4:3 :: 30^\circ$: ج ا ن م - $55'41'$. ولكن اذا فرضنا شعة ج ن جعلت مع م ث زاوية ج ن ث - $48'28''$ نجد بالحساب بموجب ما تقدم ان شعة الانكسار في الهواء يقتضي اذ ذاك ان تجعل مع ن ت زاوية 30° فتمر في خط ن د على وجه الماء . ولذلك لا يخفى ان الشعاع الخارجة من النقط بين ث وج تنجاز الى الهواء وتجعل زاوية انكسار ا م ا الشعاع بين ج ود فلا تنجاز بل ترجع ما بين ذ و ث كالشعاع الواقعة والمنعكسة جارية على قانون

الانعكاس ان زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتان مثل الشعلة ان ي
فانها لا تجتاز الى الهواء بل ترجع منعكسة عن سطح د ذ في جهة ن هـ .
وتسمى زاوية ج ن ث التي نجعل للشعاع المجتازة ضمنها من الماء الى الهواء زاوية
انكسار زاوية الانكسار الكلي . فزاوية الانكسار الكلي للماء بالنظر الى الهواء
٤٨' ٢٨° ولا يخفى انه اذا فرضنا زاوية الانكسار الكلي - ر ودليل الانكسار
- د ونصف القطر ا وجيب ٢٠° - ا يكون لنا بموجب ما مر ١ - د - X
ج ر و ج ر - ا - فلكي تعرف زاوية الانكسار الكلي
اقسم واحداً على دليل الانكسار يخرج لك جيبها ثم خذ من عمود الجيوب
الطبيعية الزاوية التي تقابل هذا الجيب فتلك المطلوبة

مسائل

س ١ اذا وقعت شعلة من النور على الماء على زاوية ٦٠° استخرج زاوية
الانكسار ج ٤:٣ :: ج ٦٠° : ج زاوية الانكسار - ٤٠' ٢٠°
س ٢ اذا وقعت شعلة من نور على زجاج صافٍ بزاوية ٦٠° مطلوب
زاوية الانكسار ج زاوية الانكسار - ٢٤' ٢٨°
س ٣ اذا وقعت شعلة على الماس عند زاوية ٦٠° مطلوب زاوية الانكسار
ج زاوية الانكسار - ٢٠' ٤٨°
س ٤ استخرج زاوية الانكسار الكلي للماء الذي دليل انكساره ١.٣٣٦
ج ٤٨' ٢٨°
س ٥ ما هي زاوية الانكسار الكلي للزجاج الصافي الذي دليل الانكسار
١.٥٣٢٤ ج ٤٠' ٤٩°
س ٦ ما هي زاوية الانكسار الكلي للماس ج ٢٤' ١٢°
٤٦٢ ان الاجسام الشفافة تختلف كثيراً بعضها عن بعض

في قوة التكسير وقد وضعت القائمة الآتية المعين فيها دليل الانكسار لكل من هذه الاجسام التي منها تعرف قوة تكسير النور لجسم بالنسبة الى اخروهي هذه

دليل الانكسار

٢٤٩٧٤	كرومات الرصاص
٢٤٥٦٤	سبيكة فضة حمراء
٢٤٤٣٩	الماس
٢٤٢٢٤	الفنفور
٢٤١٤٨	الكبريت المصهور
١٤٨٣٠	الزجاج الصواني (جزآن رصاص وجزء صوان)
١٤٧٦٨	كبريتات الكربون
١٤٦٤١	زيت القرقة
١٤٥٤٨	البلور الصخري
١٤٥٤٧	الكهرباء
١٤٥٣٠	الزجاج الصافي
١٤٤٧٠	زيت الزيتون
١٤٤٥٧	الشب الابيض
١٤٤٣٤	بلورات فلوريد الكالسيوم
١٤٤١٠	المحوامض المعدنية
١٤٣٦٣	الكحول
١٤٣٣٦	الماء
١٤٣٠٩	الجليد
١٤١١١	التباشير الهندية

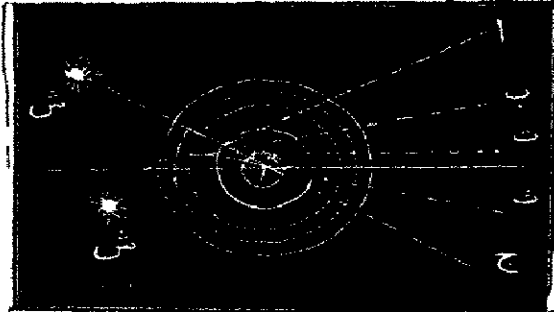
في القائمة المذكورة قد تعينت قوات تكسير النور لاجسام مختلفة بدون اعتبار كثافتها او اثقالها النوعية وانما الامر واضح انه اذا كان لجسم ثقله النوعي خفيف نفس قوة التكسير التي لجسم اخر ثقله النوعي اعظم فالاول لا بد ان يكون فعله المطلق على النور اعظم من الثاني . فاذا لكي نقيس قوة التكسير المطلقة للاجسام يجب ان نعتبر ثقلها النوعي . فاذا اعتبرنا ذلك يوجد ان الهيدروجين له قوة لتكسير اعظم مما لجميع الاجسام اذ كانت قوته حسب قول العلامة بروستر تساوي 340953 . والغاز المذكور هو اشد قابلية للاحتراق من جميع الاجسام . فالاجسام القابلة للاحتراق هي اعظم قوة لتكسير النور . وبناء على ذلك حكم العلامة اسحق نيوتون ان الماس من المواد القابلة للاحتراق قبل اكتشاف تركيبه الكيماوي ثم لما اكتشفوا انه مادة كربونية اي فحمية متبلورة في الطبيعة يتقنوا صحة قول نيوتن

٤٦٣ الفجر والشفق . ان الفجر والشفق هما اضاءة الجلد من نور الشمس قبل شروقها او بعد غروبها ببرهة قصيرة وسبب ذلك كون نور الشمس في مروره من الفضاء الى جلدنا يتكسر ولولا ذلك لم يكن لنا فجر ليسبق شروق الشمس ولا شفق ليعقب غروبها ولا اثر نور في الليل بل كان النور ينفجر على ظلمة الليل

بغثة حينما تظهر الشمس فوق الافق وكانت الظلمة المحالكة تعقب نور النهار بعد الغروب حالا . فالنور ينحني الى نحونا اذ يقع على الجلد قبلما نرى الشمس صباحا ويظهر فجره وبعد ما تغيب مساء ويظهر شفق . وايضا لما كان النور بتكسيرو ينحني الى نحونا عند ما يخترق الجلد وكان الجسم المنير يرى في جهة الشعبة الاخيرة منها تغيرت جهات مسيره ونرى الشمس عند الافق او فوقه قليلا قبلما تصل اليه حقيقة

وعلة ذلك نتضح من هذا الشكل لتدل الدائرة الصغرى في الوسط

شكل ٢٤٩



على الارض . ولما كانت الهواء عند سطح الارض هو الاكثف ثم يصير اللطف فالطف بالابتعاد عنها كما مر يدل عليه (شكل ٢٤٩) بطبقات مختلفة لكي يظهر لك امر الانكسار باجلى بيان . فالطبقة العليا لطيفة

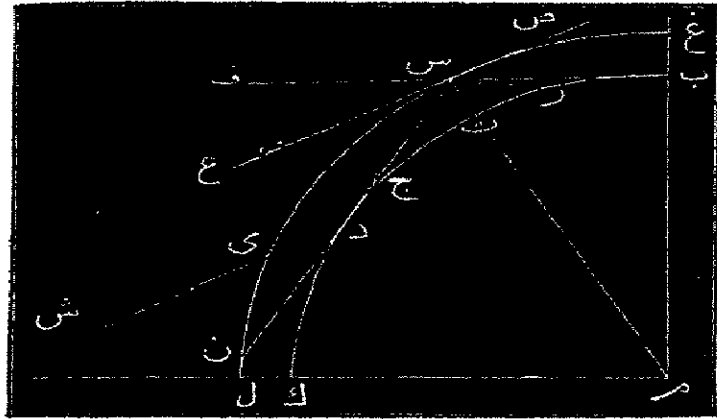
جدا . وكل طبقة تكون اكثف ما قبلها بالاقتراب الى نحو الارض . فالنور الآتي من الشمس ش تحت الافق الى الطبقة الاولى من الهواء عوض مروره في خط مستقيم الى ان ينحني الى نحو الارض . ثم في دخولها في الطبقة الثانية عوض ان يجري الى ب ميل او ينكسر اكثر اذ كانت هذه الطبقة اكثف وهكذا في كل الطبقات . واذا حسبنا الطبقات رقيقة الى غير نهاية كما هو الواقع ينتج ان مرور النور هو في خط منحن . ولما كان الشئ يُنظر في جهة الشعاع التي تصل اخيرا الى العين فالشمس تظهر فوق الافق مع انها حقيقة تحته كما ترى . وهكذا

يبين انه اذا كانت الشمس فوق الافق تظهر اعلى مما هي حقيقة الى ان تصل الى خط الهر حيث لا ينكسر النور لكونه يقع حيث عمودياً على سطح الافق ولذلك يميز في الفلك بين طلوع الشمس الظاهر والحقيقي وهكذا الغروب . فيظهر ان انحناء خط النور من الشمس في الهواء ناتج عن اختلاف كثافة الهواء ولو كان الهواء ذا كثافة واحدة لانكسر النور فيه على خط مستقيم كانكساره في الماء والزجاج . ولو أمكننا ان نصنع مادة شفافة مختلفة الكثافة كالهواء تظهر فيها هذه النتيجة عينها

اما السراب او الال فسبب ظهوره تكسر النور باختلاف كثافة الهواء عند سطح الارض من البرودة والحرارة

٤٦٤ ايجاد علو الهواء من الانعكاس . ان الفجر والشفق ليسا ناتجين عن الانكسار وحده بل السبب الاعظم لهما هو الانعكاس . لكن الاشعة الاتية من الشمس الواقعة على الهواء قد تنعكس عدة انعكاسات عن سطحه الاسفل او عن سطح الارض وعن سطحه الاعلى فتتغير الجلد قليلاً ويحصل فجر قبل شروقها وشفق بعد غروبها بانعكاسين وتبقى اثر نور في ظلام الليل باكثر من انعكاسين فلا يكون ظلام الليل بغياب القمر حالك جداً بل انور كلياً . ويكون ذلك بانعكاس الشعاع عن احد السطحين للهواء الاعلى والاسفل بعد اختراقها الجلد لجعلها مع العمود المرسوم من ملتقاها بذلك السطح زاوية اعظم من زاوية الانكسار الكلي كما تنعكس الشعلة ل ن في جهة ن ب (شكل ٢٤٨)

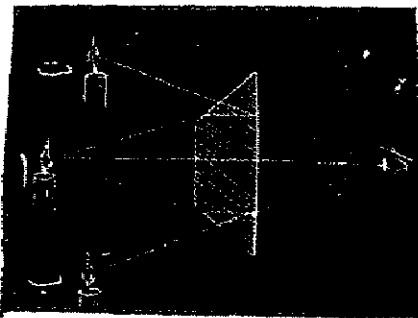
ومن النظر الى هذا الانعكاس نجد طريقة لمعرفة علو الهواء . لنفرض
(شكل ٢٥٠) ب ج ك ربع دائرة الارض وغ س ي ل السطح الاعلى للهواء .
وب مقام شخص عند خط الاستواء افقة الذي يمس مكانه ب س ف . ولنفرض
شكل ٢٥٠



ش ي شعّة انت من الشمس صباحاً وانكسرت سائرة في خط منحني كالخط
المنقط ي ج كما تقدم ثم انعكست من ج الى س المفروضة نقطة في السطح الاعلى
للهواء ثم من س الى ر ك انعكاس الانكسار . وعند س مست سطح الافق
ب س فيكون حينئذ بداية الفجر للشخص عند س . وهكذا يقال في الشفق
بعد الغروب . فقد راقب المنجمون وقت الفجر والشفق عند خط الاستواء
من ملاحظة بداية اخفاء نور النجوم الى شروق الشمس او من غروبها الى
ظهور النجوم فوجدوا ١٢ د اس . فيكون قد اشرق ضوءها عند الفجر في
الجلد بالانعكاس ١٨° قبل وصولها لان الشمس تسير ١٥° كل ساعة . ارسم
خطاً مستقيماً س د يمس الارض في د واخرجه الى ن . وارسم المماس ع س ص .
وارسم المحيط م ت س . فلان د س ف - ١٨° تكون ب س د - ١٦٢°
وزاوية الوقوع د س م - ب س م زاوية الانعكاس فتكون ب س م - ٨١°
وم ب س - ٩٠° فزاوية ث م س - ٩° فيكون م س قاطع ٩° . ولما كان
القاطع يزيد نصف القطر بمقدار ٢٠١ وكان نصف قطر الارض ٤٠٠٠ ميل

يكون ت س اي علو الهواء ٤٠ ميلاً تقريباً
 تنبيه . بما ان اعلى طبقات الهواء مادتها لطيفة جداً يوم انه لا ينكسر
 النور ولا ينعكس هناك فقد فرضت س اعلى نقطة انعكس عنها فيكون ٤٠
 ميلاً علوه تقريباً وقد اضافوا للاصلاح ٥ اميال فيكون علوه ٤٥ ميلاً
 ٤٦٥ انكسار النور في الزجاج . ان الزجاج باعتبار هيئاته
 وانكسار النور فيها يقسم الى نوعين ما تحيطه سطوح مستوية وما
 تحيطه سطوح منحنية فالاول من هيئات شتى كمضاعف السطوح
 والموشور المثلث والمتوازي السطوح . والثاني له ست هيئات يقال
 لها عدسيات وسياتي الكلام على كل منها
 المضاعف السطوح تظهر فيه صورة جسم مكررة بمقلار تكرار
 السطوح المعرضة له

فالمصباح عند ا (شكل ٢٥١) يرسل شعة الى كل من الثلاثة السطوح
 الزجاجية في المضاعف السطوح الذي تراه .



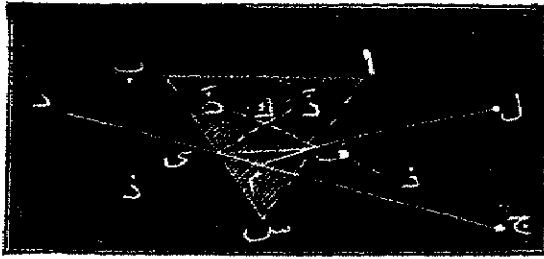
فالتى تقع عمودية عليه تجاز بالاستقامة في
 الزجاج الى العين بدون تغيير وتصنع صورة
 في مكانه الحقيقي عند ا . ولكن الشعاع
 الواقعة على السطحين الموروين تتغير جهاتها
 بدخولها في الزجاج وخروجها منه كما ترى

في الشكل فتلافي العين في جهتي ب و ت وبالضرورة تصنع صورتين اخريين
 للمصباح عند كلا هاتين النقطتين . والمضاعف السطوح يكون له غالباً
 سطوح عديدة مائلة بعضها على بعض وعدد الصور التي تصنعها تكرر بنسبة

تكرار السطوح . وهذا الامر كثيراً ما تجرّبه الاولاد بنظرهم فيه الى نور مصباح
٤٦٦ الموشور . هو آلة معتبرة في البصريات خصوصاً لانه

يحل النور ويدخل في اصطناع جملة من آلات النور . والمستعمل في
الالات هو الموشور المثلث فقط والمفهوم من الموشور في البصريات
قطعة زجاج صلد لها جانبان متوازيان الاضلاع متساويان وجانب
ثالث يسمى القاعدة . وخط تقاطع الجانبين يسمى الحَدُّ والزاوية
التي يحيط بها الجانبان يقال لها زاوية التكسير للموشور . والخط
المستقيم المار طولاً في مركز ثقله موازياً للقاعدة يسمى المحور . والقطع
الذي يصنعه سطح عمودي على المحور هو مثلث متساوي الساقين .
وغالباً تصنع ثلث زوايا الشكل متساوية كل واحدة منها 60°
هذا الشكل قطع موشور ا ب س قاعدته ا ب واس ب زاوية التكسير

شكل ٢٥٢



ودي جبل من شعاع الشمس واقعا
مائلاً على احد السطحين ب س حيث
قسم منه منعكس وقسم نافذ في
الموشور . اما النافذ فعوضاً عن مروره
بالاستقامة الى الامام واصطناعه

صورة الشمس عند ج يعرج الى فوق نحو العمودي ذ ذ ويلقي السطح
المقابل س ا في ف حيث يعرج ايضا الى فوق عن العمودي ذ ذ في جهة
ف ل نافلاً صورة الشمس من ج الى ل . فان اخرجت الشععة الواقعة والنافذة
حتي يلتقيا في م فالزاوية ف م ج يقال لها زاوية الانحراف وهذا الانحراف
يكون ابدأ الى نحو القاعدة

٤٦٧ استخراج دليل الانكسار من الموشور. يُستخرج دليل الانكسار منه بموجب هذه النظرية وهي
دليل الانكسار الا واحدا يساوي ابدا زاوية الانحراف مقسومة على زاوية الانكسار للموشور

لاجل بيان هذه القضية يلزم ان تذكر انه اذا كانت الزوايا صغيرة فنسبتها بعضها الى بعض مثل نسبة جيوبها تقريبا. واذ كان جيب زاوية الوقوع الى جيب زاوية الانكسار كدليل الانكسار الى واحد كما مر. فاذا افترضنا ن دليل الانكسار فيموجب (شكل ٢٥٢)

ذ ي م (- د ي ذ) : ذ ي ف :: ن : ا اي ف ي م : ذ ي ف :: ن : ا - ا : ا
و ذ ف م (- ل ف ذ) : ذ ف ي :: ن : ا اي ي ف م : ذ ف ي :: ن : ا - ا : ا
فاذا ف ي م + ي ف م : ذ ي ف + ذ ف ي :: ن : ا - ا : ا
اي ف م ج : ذ ك ف :: ن : ا - ا : ا

ولكن ذ ك ف واس ب متساويان لان الشكل ذو الاربعة اضلاع ك ي س ف قائمته عند ي وف يمكن ان يرسم في دائرة والخارجة حينئذ تساوي الداخلة المتقابلة اقليدس (ق ٢٢ ك ٢) فاذا

ف م ج : ا س ب :: ن : ا - ا اي (ن - ا) x ا س ب - ف م ج
اذا ن - ا - $\frac{ف م ج}{ا س ب}$ (ون - $\frac{ف م ج}{ا س ب}$ + ا

ولما كان في موشورات الزجاج ن - $\frac{١}{٢}$ فاذا $\frac{ف م ج}{ا س ب} - \frac{١}{٢}$ اوف م ج - $\frac{١}{٢}$ ا س ب اي زاوية الانحراف - نصف زاوية الانكسار للموشور الزجاجي. فلما نستخرج دليل الانكسار لاي جسم جامد يجب ان يصنع الجسم موشورا. لانه اذ تكون زاوية الانكسار للموشور معروفة وزاوية الانحراف تقاس بسهولة نستعلم دليل الانكسار على الفور بقسمة الزاوية الثانية على الاولى وإضافة واحد

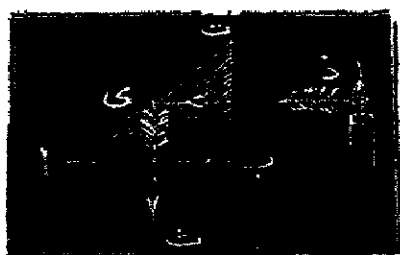
الى الخارج. وان كان الجسم ما لا يتاقي باصطناعه موشوراً كسائل مثلاً يوضع في موشور فارغ مصنوع من زجاج رفيع صاف.

٤٦٨ موشور زجاجي قطعة قائم الزاوية متساوي الساقين

يستعمل غالباً مكان مرآة أو سطح اخر يعكس الشعاع

ليكن اب ت قطع موشور كهنا . الشععة ذي الواقعة عمودية على السطح

شكل ٢٥٣



ب ت تدخل الموشور بدون انكسار وتلاقي السطح اب على زاوية 45° . ولما كانت حد زاوية الوقوع التي ينفذ النور ضمنها من الزجاج الى الهواء هي 42° فلا بد ان تنعكس هذه الشععة كلياً وتخرج في جهة ي ت القائم على ذي .

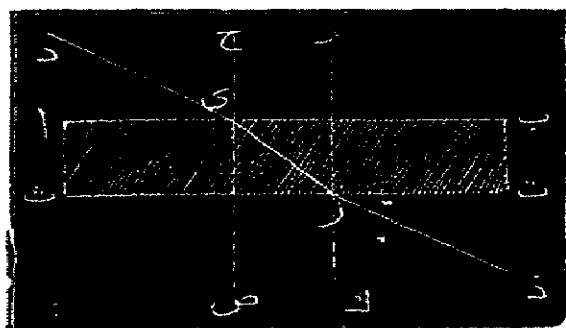
وموشور كهذا يعكس الشعاع يستنسب غالباً ليوضع في آلة بصرية امام العين لاجل تغيير جهة شعاع النور

٤٦٩ نفوذ النور في متوازي السطوح . اذا نفذ النور في مادة

تجدها سطوح مستوية متوازية فالشعة الواقعة والنافذة ها

متوازيان

شكل ٢٥٤



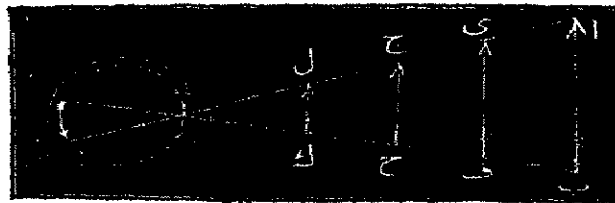
ليكن اب ت ث (شكل ٢٥٤)

زجاجة أو مادة اخرى شفافة تحيطها سطوح متوازية . وليكن اب و ث ت سطحين متقابلين . ولتكن د ي الشععة الواقعة منكسرة في جهة ي ز و نافذة في جهة ز د . فالشعة

ز د تكون متوازية للشعة د ي . في النقطتين ي و ز ارم اليهودين ح ص

ورك . ثم لما كانت ح ص ورك متوازيين فزاوية الانكسار ص ي ر على السطح الاول تساوي ي ز ر زاوية الوقوع في السطح الثاني ولكن نسبة جيب ص ي ز الى جيب د ي ح كجيب ي ز ر الى جيب ك ز د كما مر فالزاويتان د ي ح و ك ز د لابد ان تكونا متساويتين وبالضرورة متمتماها اي د ت ز د واذا اضعنا الزاويتين المتساويتين اي ز ت ز ي لهاتين تكون كل الزاوية د ي ز تساوي د ز ي وبالضرورة الشعنتان د ي ز د متوازيتان

وقد وجد بالامتحان انه اذا نفذ النور في مادتين متعديتين محاطتين بسطوح مستوية ومتوازية فالزاوية الواقعة والنافذة متوازيتان
٤٧٠ زاوية النظر . قبل ان نتقدم الى البحث عن انكسار النور في العدسيات يقتضي ان نبحث عن زاوية النظر لاجل فهم فعل العدسيات في صور الاشباع الواقعة على العين
لتكن ل ك ج ح ي ف ا ب (شكل ٢٥٥) سهاما امام العين على ابعاد مختلفة جميعها متقابلة لزاوية واحدة مشتركة تعرف بزاوية النظر . فلا يخفى ان
شكل ٢٥٥



النور يرسم على عصب النظر صورة واحدة . فلكي تبقى الصورة على حالها اذا بعد الشئ يقتضي ان يزداد سطحه المقابل العين وذلك يكون كما لا يخفى بنسبة زيادة مربع البعد عن زاوية النظر او يقتضي ان يكون القريب اصغر من البعيد بنسبة زيادة مربع البعد . ولما كانت صورة شئ ثابت تتغير كتغير

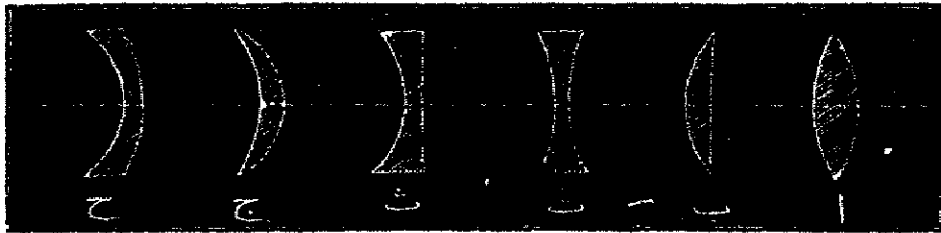
سطح الشئ فاذا نقل القريب ل ك الى البعيد الثابت ا ب تصغر صورته بنسبة زيادة مربع البعد . والامر واضح ايضا انه اذا بقي الشئ على حاله وكبرت زاويته بواسطة ما كتكسر شعاعه في عدسة كما سيأتي تكبر صورته

٤٧١ العدسيات . العدسية مادة شفافة تكسر الشعاع

متضمنة بين سطحين منحنين او بين سطح منحن و سطح مستوي . ويكثر استعمالها في الآلات البصرية لعظم فائدها كتقريب الاشباح او تكبيرها او تصغيرها او غير ذلك وهي تصنع غالبا من زجاج وغالبا تحيطها سطوح كروية وهي ستة انواع كما ترى (شكل ٢٥٦)

شكل ٢٥٦

اشكال العدسيات



(١) المزدوجة التحديب مثل ا . فانها مؤلفة من قطعتي كرة قاعدة الواحدة منطبقة على قاعدة الاخرى . وقد تكون القطعتان من كرتين متساويتين او من مختلفتين

(٢) المفردة التحديب ب وهي قطعة مفردة من كرة احد جانبيها محدب والاخر مستوي

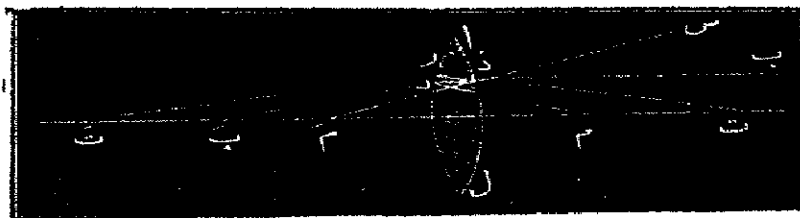
(٣) المزدوجة التقعيرت وهي مجسم يحيطه سطحان كرويان مقعران متساويا التقعير او غير متساويين

(٤) المفردة التغيرية وهي عدسية احد سطحها مستوي والاخر مقعر
 (٥) الهلالية ج وهي عدسية احد سطحها محدب والاخر مقعر غير ان
 تغيرها اقل من تحديبها كما ان هيئة الهلال كذلك ولذلك نُسبت اليه .
 وفعلها فعل عدسية محدبة تحديبها يساوي الفرق بين كرويتي الجانبين
 (٦) المخالفة الانحناء ح وهي عدسية احد سطحها محدب والاخر مقعر .
 ولما التغير اعظم من التحديب ولذلك تساوي عدسية مقعرة كرويتها بمقدار
 الفرق بين كرويتي الجانبين . اما الخط المار بمركز هذه العدسيات عمودياً
 على سطوحها المتقابلة فيسمى محوراً . وسميت هذه الاشكال بالعدسيات تشبيهاً
 للاولى منها بعدسة والثانية بفلقة منها واتبع الباقي بها تسمية لكل باسم
 البعض

٤٧٣ العدسية المزدوجة التحديب . اذا وقع النور على عدسية
 محدبة موازياً لمحورها يجتمع بعد نفوذه منها في بورة او وقع عليها
 منفرجاً يزيد انقراجاً او وقع من نقطة كان مجتمعا فيها يقل
 انقراجاً

لتكن ال عدسية مزدوجة التحديب ومركزا تحديبها م وم وليقع عليها

شكل ٢٥٧



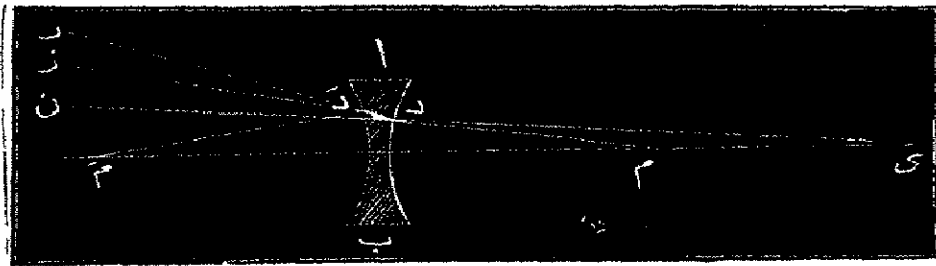
الشعة ب ذ موازية لمحورها فبدخولها في الزجاج عوضاً ان يبقى مسيرها على
 استقامته تنكسر الى جهة العمودي م ذ وتصل الى د . ثم عند خروجها من
 الزجاج الى الهواء من مادة اكدف الى اللطف عوضاً ان تبقى جارية في مسيرها

المستقيم تميل عن العمودي م د مخرجاً وتصل الى ب ب ما مرّ وهكذا بقية الشعاع المتوازية تجتمع عند ب في نقطة واحدة تقريباً وتسمى ب نقطة تجمعها البورة الرئيسة . ثم اذا وقعت شعة من نقطة منيرة في محورها مثل ت ذ فبدل ان تبقى في مسير مستقيم تميل الى العمودي م د . فان كانت في البورة الرئيسة الثانية تنفذ من العدسية متوازية للمحور وان كانت اقرب منها الى العدسية تنفذ منفرجة غير ان انفراجها نافذة اقل منه واقعة وان ابعد منها عنها تجتمع بنقطة في المحور مثل ت . وتسمى ت البورة المنضمة للبورت . ولكون ذلك يظهر بقياس زوايا الانكسار فلا حاجة الى اظهاره ببرهان مستطيل . ثم اذا وقعت شعة مثل س ذ الى جهة المركز م لا تنكسر في دخولها اذ تقع حيث تدور عمودية بل تنكسر في خروجها قليلاً عن العمودي فتكون اقرب قليلاً من م الى العدسية ولا يخفى انه كلما كانت الشعة الواقعة اكثر انفراجاً من س ذ تصل الى نقطة اقرب الى العدسية وبالعكس . واما الشعة الواقعة في جهة المحورت ت فلا تنكسر اوقعها عمودية على كلا السطحين المحديين . ولكي يتضح كل ذلك جلياً للدارس نقول انه لما كانت الشعاع المارة الى الزجاج في عدسية محدبة تنكسر الى نحو العموديات المرسومة من ملتقاها بسطحها التي كلها انصاف اقطار تلتقي بمركز واحد مشترك للتحديب الواقع عليه الشعاع والخارجة منه تنكسر عن عمودي يلاقي مركز التحديب الاخر فالشعاع المتوازية تجتمع والمنفرجة تصير اعظم انفراجاً والمجموعة تجتمع ايضاً . وكل ما قيل يتضح جلياً بالامتحان بوضع جسم منير امام عدسية وتقريره وتبعيده عنها فانها تظهر صورته على الجانب الآخر ما لم يكن عند البورة الرئيسة او اقرب منها الى العدسية حيث شعاعه المنكسرة تصير متوازية او منفرجة فلا يعود يظهر . ثم اذا ابعد اكثر من ذلك يظهر على الجانب الاخر .

٤٧٢ العدسية المزدوجة التعيير . اذا وقع النور على عدسية

مزدوجة التعير موازياً لمحورها ينفرج بعد نفوذها منها عن المحور.
 وإذا وقع من نقطة في المحور مائلاً عليه فإن كان أبعد من مركز
 التعير إلى العدسية يزيد انفرجاً وإن كان أقرب يقل وإذا وقع
 من نقطة فوق المحور منفرجاً عنه يقل انفرجاً

لتكن اب (شكل ٢٥٨) عدسية مقعرة ثم باتباع مسير الشععة ي د د
 د ر يظهر ان فعل كل من سطحي العدسية جعل الشععة ان تزداد انفرجاً عن
 شكل ٢٥٨



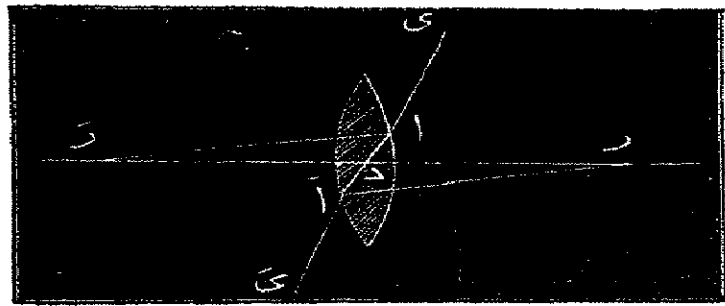
المحور. لان م د وم د لما كانا نصفين قطري التعير فالشعة ي د بدخولها إلى
 العدسية عوض ان تأتي إلى ن تنكسر إلى الخط د ز وايضاً بترك العدسية
 تنكسر إلى د ر فالشعاع المنفرجة تصير بهذه العدسية اعظم انفرجاً عن المحور.
 والامر واضح انه اذا انت شععة متوازية للمحور إلى د تخرج منفرجة. وإذا مرّت
 الشعاع بمركز التعير فلا انكسار. وإذا انت شععة من نقطة بين المركز والعدسية
 يصير انفرجاً أقل مما كان وذلك لان الشععة حينئذ تقطع العمودي في جهة
 تبعد عن المحور فتميل إليه وتقرب إلى المحور فيقل الانفرج. والشعاع التي تجتمع
 لو بقي مسيرها مستقيماً في نقطة خلف العدسية تبعد بتكسيدها فيها. ولكنها قد
 تجتمع ضعيفة جداً قبلها تكون قوة التكسير للجراح كافية لان نجعلها متوازية
 او منفرجة

فنتيج ان فعل العدسية المقعرة يخالف الحدة لان هذه تفرق الاشعة وتلك

تجميعها . وبين العدسية المحدبة والمرآة المقعرة في هذا الامر مشابهة كلية ومثل ذلك بين العدسية المقعرة والمرآة المحدبة . وكما تجمع شعاع الشمس بالمرآة المقعرة الى بورة محرقة هكذا تجمع بالعدسية المحدبة وتعمل هذه مغول تلك وكما ان المرآة المقعرة تكبر الشئ والمرآة المحدبة تصغره هكذا العدسية المحدبة تكبره والمقعرة تصغره كما سيأتي

٤٧٤ في عدسية مزدوجة التحديق او التقعير توجد نقطة تسمى مركزها كل شععة تمر بها تكون شععة الوقوع وشعة النفوذ من تلك الشععة متوازيتين

شكل ٢٥٩



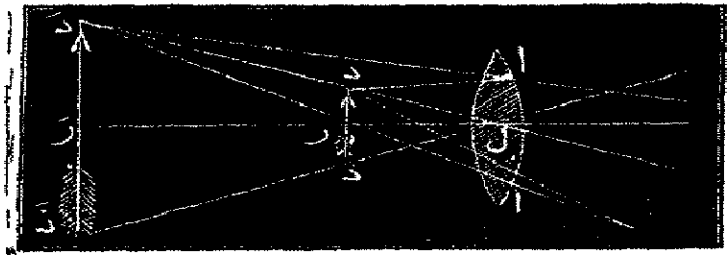
لتكن ر ر (شكل ٢٥٩) المركزين اللذين منها رسم سطحاً هذه العدسة ورد ر محورها . ارسم اي نصفي قطرين تشاء مثل ر أ ر ا احدها يوازي الآخر وارسم ا أ فالنقطة د حيث هذا الخط يقطع المحور هي المذكورة واي شععة تدخل العدسية في ا وتنفذ من أ تكون الشععة الواقعة منها ي ا توازي النافذة ي أ . وذلك لانه لما كان ر أ و ر ا متوازيين فالماسان العموديان عليهما عند ا و أ متوازيان ايضاً فكان الشععة ي ا وقعت على زجاجة متوازية السطوح فلذلك تخرج متوازية كما مر . وهكذا اذا رسم اي نصفي قطرين متوازيين اخرين لا تزال الشععة الموصلة بين طرفيهما تمر في النقطة د . وبرهانه لان ر أ و ر ا متوازيان فبمشابهة المثلثات تكون نسبة ر أ : ر ا :: ر د : ر د وبجمع النسبة تصير

رأ + رآ : رآ : رد + رد : رد

ثم لان الثلاثة الاجزاء في النسبة الثانية ثابتة لكون الاولين نصفين قطريين
والثالث محور فالجزء الرابع رد ثابت ايضاً. فالنقطة د تبقى مكانها مهما تغير
وضع نصف القطرين المتوازيين. فينتج ان جميع الشعاع التي تنفذ في عدسية
محدبة في النقطة د الواقعة والنافذة منها متوازية. وهكذا يبين في عدسية
مزدوجة التعبير

٤٧٥ الصور بعدسية محدبة . العدسية المحدبة تصنع صوراً
تختلف كيفيتها وحجمها باختلاف وضعها كالمرآة المقعرة فاذا كان
الشبح اقرب من البؤرة الرئيسة تبقى الشعاع من كل نقطة منفرجة
ولكن من نقطة ابعد

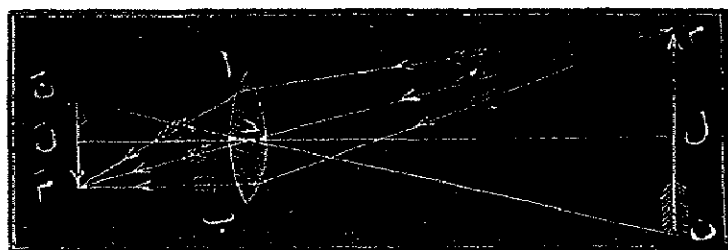
مثالة (شكل ٢٦٠) ان كان د ذ الشبح فالشعاع من النقطة العليا د تميل
شكل ٢٦٠



بالانكسار الى المحور فيقل انفراجها كما اذا انفرجت من د النقطة الظاهرة في
المحور د المخرج. وعلى هذا الاسلوب الشعاع التي من ذ تنفرج بعد الانكسار
كانها من د. وهكذا كل نقط د ذ تظهر بورات اشعتها المنتشرة في الصورة د ذ.
وهذه هي صورة الشبح الظاهرة التي ظهرا النوراني منها مع انه بالحقيقة اتى من
الشبح . وهي مستقيمة لكون محوري قلبي الشعاع المتطرفين ل د ول ذ لا
يتقاطعان بين الشبح والصورة. ومكبرة لانها تقابل نفس زاوية دل ذ ابعد عن

الشع. وتكبيرها يكون بنسبة بعد الصورة الى بعد الشع عن مركز العدسية
كما ترى

٤٧٦ الشعاع الخارجة من شع تجاه عدسية محدبة وابتعد
عنها من بورتها الرئيسة تجتمع الى نقط مقابلة للتي انت منها على
الجانب الآخر وتجعل صورة مقلوبة
لتكن اب عدسية محدبة. وليكن م ل ن شعاً موضوعاً ابعد من البورة
شكل ٢٦١

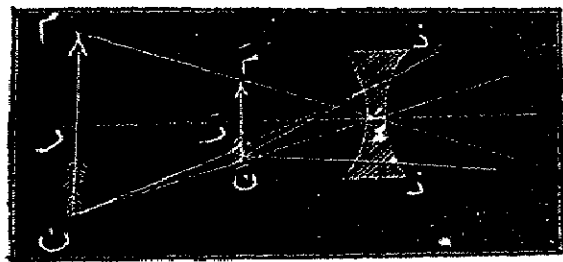


الرئيسة عنها. فكل نقطة من الشع ترسل اشعة الى كل الجهات بعضها يقع على
العدسية اب. فالشعاع التي تخرج من م تجتمع الى نقطة ن على الجانب الآخر
من العدسية. والشعاع من ن تجتمع الى م والشعاع من ل تجتمع الى ل. وهكذا
كل نقطة في الشع تجتمع شعاعها الى النقطة المقابلة في الصورة فتتسخ الصورة
عن الشع تماماً. ثم لما كانت الشعاع من راس الشع ترسم اسفل الصورة ومن
اسفله ترسم راسها لكون الشعاع الآتية من طرف م المارة بمركز هذه العدسية
تقاطع وتلاقيها البقية من هذا الطرف غير المارة بالمركز الى الطرف المخالف
من الصورة بموجب الانكسار تنقلب الصورة بالنظر الى الشع
ثم لما كان م ن ن م خطين مستقيمين وم ن وم ن متوازيين فلنا بمشابهة
المثلثات م ن م ن م ن : م ن : ل د
اي قطر الشع : قطر الصورة :: كبعد هذا عن العدسية : بعد تلك عنها .

فيظهر ان مقدار الصورة لا يتوقف على مساحة العدسية فاذا غطينا جانباً من العدسية لا يتغير جرم الصورة لان بعدها عن المحور يبقى كما كان غير ان لامعيتها تقل وانما يتوقف ذلك على زيادة تحديها لانها بذلك تجمع شعاع الصورة فتقربها وتصغرها مع بقاء الشئ على مقداره وبعده . ويتوقف ايضاً على تباعد الشئ عن البورة الرئيسة لانه اذا كان ابعد قليلاً عنها تكون الصورة على الجانب الثاني اكبر لان الشعاع حيثئذ الذي يصنع الصورة على الجانب المذكور يكون قريباً من التوازي فيكون انفرجه اقل من انفرج شعاع الشئ وبالضرورة تكون الصورة ابعد وجرمها اكبر واذا كان الشئ بحيث يكون انفرج شعاعه كانه انفرج شعاع الصورة يكونان متساويين . او كان ابعد من ذلك كما في الشكل فالصورة اصغر

٤٧٧ الصور بالعدسية المقعرة. الصورة تظهر في عدسية مقعرة غير مقلوبة واصغر من الشئ

لتكن م ن (شكل ٢٦٢) الشئ . فالشعاع من النقطة ن بعد مرورها في شكل ٢٦٢



العدسية تنفرج اكثر مما كانت كأنها من ن في نفس المحور د ن وهكذا في بقية النقط . فتكون م ن الصورة الظاهرة وهي مستقيمة واصغر من الشئ وتشبه في كل الاحوال الصورة التي تصنع في مرآة محدبة فراجعها هناك (رقم ٤٧٦)

٤٧٨ الخطا الكروي . اذا وقعت شعاع متوازية من جسم
منير بعيد كالشمس على عدسية لا تجتمع بورتها في نقطة واحدة
لتكن ا ب ت عدسية مفردة التحديق سطحها المستوي متجه الى الشعاع
شكل ٢٦٢



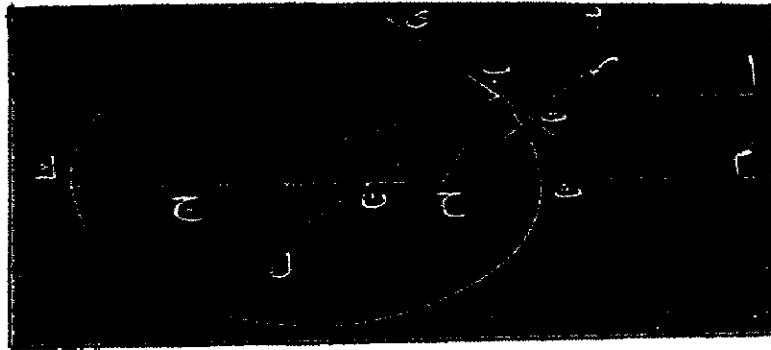
الواقعة . وليغطّ وسطها بقرص من ورق . فشعاع الشمس المارة في الاجزاء عند
طرفيها تجتمع الى بورة عند ي . فان ازبل القرص وغطيت العدسية بكرتونة
ذات ثقب صغير في وسطها تكون صورة الشمس عند ي ابعد عن العدسية
من ي . فنرى ان الشعاع التي تجناز مركز العدسية بورتها ابعد عنها من بورة
التي تجناز قرب طرفيها . وان عُرِض كل السطح للشعاع تكون بورة الشعاع
من الطرفين عند ي وبورة التي من المركز عند ي وبورات بقية الاشعة تكون
بينهما . فتظهر صورة الشمس عند ي وما حولها هالة من نور تصير اضعف
فاضعف بالابتعاد عنها . فتلك الدائرة من الشعاع التي قطرها د ذ تسمى
الخطا الكروي . وسميت بالخطا لكون بورة الشعاع اخطأت عن نقطة واحدة
ووصف الخطا بالكروي لكونه ناتجا عن كروية سطحي العدسية . وسمي البعد
ي ي بين بورة الشعاع الآتية من الاطراف وبورة الشعاع من الوسط طول
الخطا

٤٧٩ الخطا الكروي يختلف باختلاف سمك وانحناء
العدسيات . فقد وجدوا بالامتحان ان العدسية المفردة التحديق

إذا اتجه سطحها المستقيم الى الاشعة المتوازية فالخط الكروي لها $\frac{4}{r}$ اضعاف ثخنها. وإذا اتجه سطحها المحدب اليها فالخط فقط ١٧، ١ من ثخنها. والعدسيات التي لها الخط الاقل هي المزدوجة التحديب التي نصف قطري سطحها احدهما الى الاخر مثل ١ الى ٦ فاذا اتجه السطح الذي نصف قطره ١ الى الشعاع المتوازية فالخط يكون فقط ١٠٧ من ثخنها. ولذلك تجعل العدسيات المستعملة في الآلات البصرية رقيقة جداً والنور يمر في الاجزاء الوسطى منها فقط. ولما كانت علة الخط الكروي قلة تكسير الشعاع عند الاجزاء الوسطى وكثرته عند الطرفين فاذا امكن ان يزد تحديب العدسية عند الوسط وان يقلل بالتدرج حتى الطرفين يزول الخط الكروي وذلك يحصل يجعل هيئتها هذلولية او هليجية كما سنرى

٤٨٠ هيئة العدسية التي ليس خطا كروي. العدسية التي هي على هيئة الجسم الهليجي المصنوع من دوران شكل هليجي حول محوره الاطول الذي نسبة محوره الاطول الى البعد بين بورتيه كجيب الوقوع الى جيب الانكسار تجعل الشعاع المتوازية الواقعة في جهة محورها تجتمع تماماً في بورتها القصوى
ليكن ب ث ك (شكل ٢٦٤) الهليجي المذكور وج بورتاه. ولنفرض

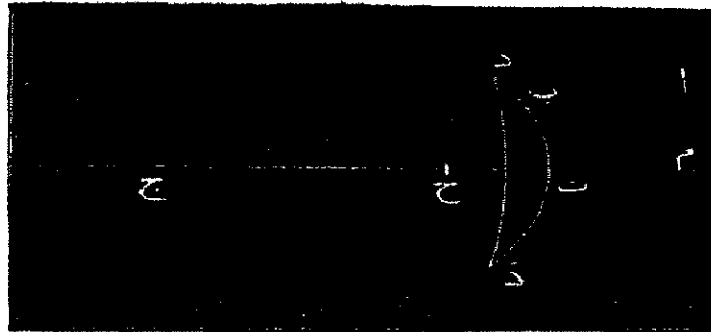
نسبة ث ك : ح : ج :: ج الوقوع : ج الانكسار . ولتكن ا ب شعة من نور متوازية
شكل ٢٦٤



للمحور ث ك واقعة على الهليلجي ا رسم ح ب وج ب وارسم ب ي يماس الاهليلجي
ومن ب وح ا رسم على ي ب ت العودين د ب ل وح ت ر ود ب ل لياق
ث ك في ن . اخرج ج ب حتى يلاقي ح ت ر في ر . ثم لما كانت بموجب قطع
المخروط ح ب ت - ج ب ي ورب ت - ج ب ي فاذا ح ب ت - رب ت .
ثم ان ب ت ح وب ت ر زاويتان قائمتان وب ت مشترك بين المثلثين
ب ت ح وب ت ر فيكون ب ر - ب ح وبموجب قطع المخروط ايضا ث ك -
ج ب + ب ح - ج ر وبالتعويض عن ث ك في النسبة المفروضة اولاً تكون
نسبة ج ر : ج ح :: ج الوقوع : ج الانكسار . وبما ان ب ن يوازي ر ح تكون
نسبة ج ب : ج ن :: ج ر : ج ح :: ج الوقوع : ج الانكسار . وايضا بحسب
المثلثات ج ب : ج ن :: ج ج ن : ب :: ج ج ب ن :: ج ب ن ح او ج ا ب د :
ج ج ب ن فاذا ج ا ب د : ج ج ب ن :: ج الوقوع : ج الانكسار . ولما كان
ج ا ب د هو جيب الوقوع يكون ج ج ب ن او ج ب ل جيب الانكسار
ول ب ج زاوية الانكسار وب ج الشعة المنكسرة . وعلى هذا الاسلوب يبين ان
اي شعة اخرى من الشعاع المتوازية تنكسر الى ج

ثم ان رسم من المركز ج (شكل ٢٦٥) وعلى اي نصف قطرا قل من
ج ت قوس دائرة مثل د ذ فالجسم المصنوع من دوران د ت ذ حول المحور

ت ج يكسر كل الشعاع الموازية ت ج الى نقطة ج تماماً. لانه بعد الوقوع على
شكل ٢٦٥



سطح د ت تنكسر الشعاع الى نحو نقطة ج كما مرّ ثم بعد نفوذها في سطح د د
لا تنكسر لان جميع الواقعة عليه حيثئذ عمودية لانها توجه الى نحو مركز
القوس ج

فنتج ان العدسية الهلالية التي سطحها المحدب قسم سطح مجسم اهليلجي و سطحها
المقعّر قسم من سطح كروي مركزه في البورة القصوى ليس لها خطاً كروي
بل تكسر الشعاع المتوازية الواقعة على سطحها المحدب الى البورة القصوى. ولما
اكتشفت الخصائص السابقة للاهليلجي واتي تشبها للهدلولي اخذ الفلاسفة
يبدلون الجهد الكلي بسن وصقال عدسيات لكي تصير ذات سطوح هليجية او
هدلولية وأعدّ آلات ميكانيكية شتى لهذه الغاية. ولكنهم لم ينجحوا في ذلك لصعوبة
صقال الزجاج حتى يصير الى الهيئات المشار اليها فلذلك استعملت وسائط
اخر لاصلاح هذا الخطا في العدسيات ذات السطوح الكروية. منها الجمع
بين عدستين وجعل احد الخطأين المتقابلين يصلح الآخر وبذلك يمكن ان
يصلح الخطا في بعض الاحوال الى درجة قصوى وفي احوال اخر يمكن ازالته
كله. اما كيفية ذلك فسياتي الكلام عليها في البحث عن النظارات

تنبيه. ما مرّ من الكلام على بعض العدسيات يتضح للدارس خصائص
ما بقي منها فلا حاجة الى التكرار

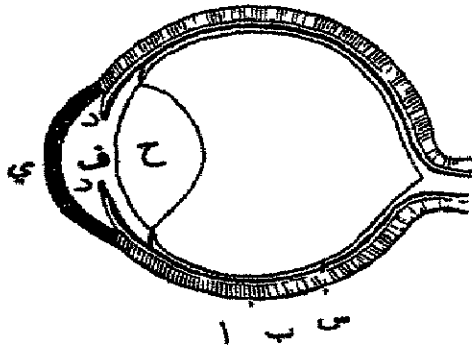
الفصل الثالث

في البصر والتبصر التي هي العين

٤٨١ العين هي الآلة المعتبرة التي وضعها الخالق عز وجل في الجسد لاجل ادراك المرئيات. وهذا الادراك يعرف بالبصر. وعلة حصول البصر هي النور الآتي من الاشباح المرئية النافذة اليها الذي يرسم صور المرئيات على عصب البصر فيشعر الناظر بها. ولما كانت ادراك البحث عنها يتوقف على معرفة تشرحها فلننتف إلى ذلك بطريقة مختصرة تفي بمقصودنا

فنقول ان العين مؤلفة من ثلاث طبقات وثلاث رطوبات وهذا الشكل

شكل ٢٦٦



برينا صورة قطع مقلة العين وهي الكرة المتضمنة داخل جفونها ووقبها اذا قُطعت بجراحة يوضع حدها بين موق العين وزاويتها ومرت الجراحة بسطح مستوي افقي فتري

الطبقة الاولى عندا وثب مؤلفة

من الصلبة المعروفة ببياض المقلة والقرنية ي بالامام وهذه متصلة ببياض المقلة اتصال بلورة الساعة بغطائها بكونها اعلى واعظم تحدياً منها وهي مقطوعة من

راس هليجي يجمع الشعاع الى بورة واحدة كالذي تقدم الكلام عنه ومخلوقة شفافة تماماً لكي ينفذ فيها النور

ثم الطبقة الثانية التي تليها ب. وهي مولفة من المشيمية عند ب وهي سوداء مظلمة ومخلوقة كذلك لكي تمنع ازدياد انعكاس النور الى الخلف والامام في العين والقزحية د د وهي ذات سطح مستوي في وسطه ثقب مستدير يصغر ويكبر بواسطة الياف عضلية مستطيلة وحلقية لاجل قبول الكمية اللازمة من النور فتضم الحلقية الثقب عند كثرة النور كما اذا نظرت العين الشمس وبالعكس عند قلتها كما اذا كان الناظر في الليل وسي هذا الغشاء بالقزحية لشبه الوان بقوس قزح

ثم الثالثة وهي غشاة رقيق س عليه ترسم صورة الاشباح عند مقدم عصب البصر ويقال لها الشبكية. وهي مولفة خصوصاً من خيوط رفيعة تتفرع من العصب المذكور

اما الرطوبات الثالث فاولها الرطوبة المائية وهي المائلة الفسحة ف وتمتد الى امام القزحية وخلفها. فتدعى هيئتها كهيئة عدسية هلالية وسميت بالمائية لشبهها بالماء

وثانيها ما يقال لها الرطوبة البلورية ح وهيئتها هيئة عدسية مزدوجة التحديب لكن تحديبها الخلفي اعظم من الامامي. ولقبت بالبلورية لشبهها بالبلور في صفاتها وشفافيتها. وما ينبتنا بنوع خصوصي الى حكمة باريها كون اجزائها الوسطى مصنوعة اكثف من التي حولها لكي تعظم قوة تكسير الاشعة فيها فيزول الخطا الكروي

وثالثها الزجاجية المائلة كل التجويف داخل الطبقة الشبكية س. وهي مادة متجمدة قليلاً اشبه بالزجاج. وهذه الرطوبات الثلاث مع القرنية خلقت شفافة منحنية السطوح لاجل نفوذ النور وتكسيده في العين لكي يتجمع ويطبع

صور الاشباح الخارجة على الشبكية فيشعر الناظر بالمرئيات . فمن يلاحظ ما
ذكر وما سيذكر في العين ولا يتعجب من حكمة وقدرة بارئها فهو بليدٌ احمق
٤٨٢ البصر الجلي وحد البصر . انه لكي يكون البصر جلياً

يقتضي ان الشعاع الآتية من كل نقطة من الشبح المرئي عند تجمعها
تلتقي معاً او تجمع الى بورة واحدة على الشبكية في العين

فالشعاع التي ثاني من التلقت على الشبكية عند ب واتي من س الطرف
الاخر تجمع الى بورة عند د . فضلات العين لها قوة وافرة في تدبير العين

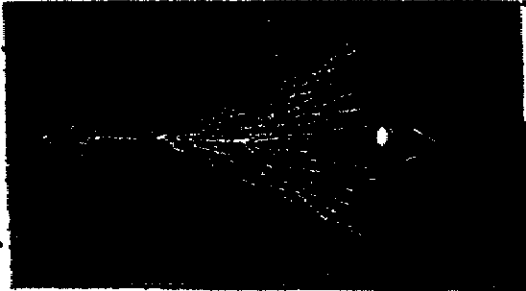
شكل ٢٧٠



لبصر الاشباح على ابعاد مختلفة اذ تزيد تحذب العدسيات فيها للشبح القريب
ونقله للبعيد وتبعد الشبكية او تقربها فتجمع الشعاع في اكثر الاحوال على
الشبكية تماماً فليس لها خطأ اكروي . غير انها تعجز عن ذلك اذا كانت
الاشباح قريبة جداً . ويظهر لك ذلك بتقريب شبح كاصبعك اليها بالتدريج
فتصل الى حد لا تعود تراها باجنيازك هذا الحد وهذا ما يقال له حد البصر .
وهذا الحد يختلف في الاشخاص قليلاً وانما معدله نحو ٨ قراريط . فاذا كان حد
البصر لشخص اقرب من ذلك كثيراً قيل انه قصير البصر او بالعكس قيل
انه بعيد . وسبب عدم بصر الاشباح اذا قربت الى العين حتى يجاوز حد البصر
هو ان الشعاع المنتشرة من كل نقطة فيها الى كل الجهات تنفرج بزيادة تقربها
بحيث لا تعود القرنية والعدسيات تستطيع ان تجمعها بالكفاية لكي تكون
بورتها على الشبكية التي هي علة ادراك المرئيات ويتضح لك ذلك من النظر
الى (شكل ٢٧٠) . فاذا قرب شبح دقيق جداً الى البصر فكلماً يقرب بزداد

وضوحاً الى ان يمتاز حد البصر. وعند ذلك تنفرج الاشعة كثيراً حتى لا تعود العدسيات قادرة ان تجمعها بحيث

شكل ٢٧١

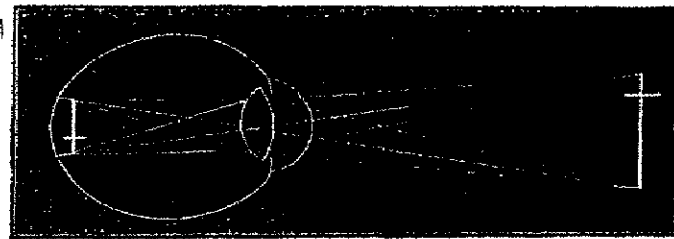


يكون البصر جلياً كما ترى في الشكل .
وحيث ان يقتضي استعمال المكروكوب التي
سندكرها في الكلام على الآلات متوسطة
بين الشبح والعين لكي تقلل انفرجتها
وتكثرها فتساعد العين على ان تبصرها

٤٨٢ قصير البصر وبعيد البصر . ان هيئة العين في بعض
الاشخاص تجعلها غير قادرة ان ترتب ذاتها حتى تحكم الاشعة
بحيث تبصر الاشباح على ابعاد مختلفة

فالقصير البصر يمكنه ان ينظر جلياً الاشباح القريبة فقط . وسبب
ذلك هو تجمع الشعاع الى بؤرة اقرب مما يقتضي بداعي زيادة تحديب العين

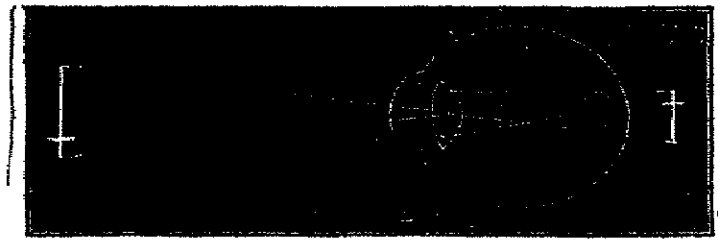
شكل ٢٧٢



فلا تصل الى الشبكية كما ترى (شكل ٢٧٢) لانه يظهر ما مر في العدسيات
انها كلما زاد تحديبها زادت قوتها في تكبير الاشعة وجمعها الى اقرب . وبناءً
على ذلك لا تكون صور الاشباح جلية لدى قصير البصر . فلو امكن بطريقة
ما تقرب الشبكية الى امام او تقليل التحديب في العين لزال الصعوبة .
ولكن اذ كان الاول غير ممكن والثاني قد يصير بزيادة الكبر بعد مضي

زمن طويل يصير اصلاح ذلك بتوسط عدسية مقعرة لان هذه من شأنها ان تزيد انفراج الاشعة فتصغر الاشباح وتقربها كما مر فتقاوم قوة العين الشديدة في التكسير

اما بعيد البصر فحالة بالعكس لان قوة التكسير ضعيفة في عيونهم حتي اذا نظرت اشباحاً قريبة فالشعاع من كل نقطة في الاشباح لا تجتمع في بؤرة في شكل ٢٧٢



سطح الشبكية بل اذا اخرجت نجتمع خلفها كما ترى (شكل ٢٧٢) فلا تظهر الصورة واضحة . وتستعمل في هذه الحال الزجاجات المحدبة اذ تجعل الشعاع المنفرجة من كل نقطة اقل انفراجاً قبل دخولها القرنية

٤٨٤ انقلاب الصور في العين . ان الصور التي يرسمها النور الآتي من الاشباح على الشبكية تنقلب بالنظر الى الشئ . ويبرهن ذلك بان تاخذ عين ثورا وخروف وتسليخ اللحم عن الجزء الخلفي منها باحتراس مبقياً قشرة فوق الشبكة ثم تضع مصباحاً امام العين فتظهر لك صورته منقلبة على الجزء الخلفي منها

واذا سئل هنا لماذا ترى الاشباح مقومة مع انها ترسم على الشبكية مقلوبة . فالجواب ان اختبارنا بواسطة حاسية اللمس وليس رأيناها مقلوبة يعودنا على ان نشعر بها مقومة هذا ما ذهب اليه بعضهم .

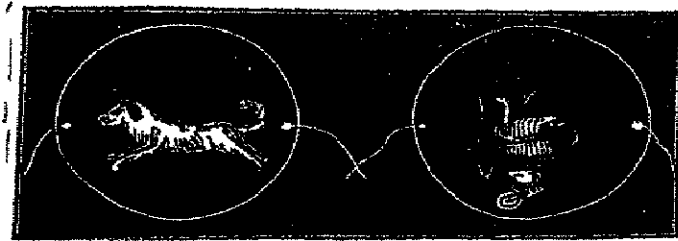
وذهب اخرون ان العصب بعد ان ترسم صورة شمع على الشبكية
مقلوبة يشعر بكل جزء من الشمع على خط مستقيم في جهة محور
قلم الشعاع المجموع برطوبات العين كما بيان في (شكل ٢٧٠)
وتلك الجهة تقابل جهة الجزء المرسوم في الصورة على الشبكية
فيشعر بالشمع مقوماً. لان البصر يدرك بشعاع النور المستقيمة
المرئيات وجهاتها كما يدرك السمع بتموجات الهواء الاصوات
وجهاتها. فما اتى من النور من اسفل الشمع ورسم اعلى الصورة على
الشبكية يشعر به انه آت من اسفل وبالعكس ما اتى منه من
اعلى الشمع. وعندي ان المذهب الثاني هو الصواب بدليل انه لو
شفي بصر الاكمة اي من هو من ولادته اعى لاقتضى على الاول ان يبصر
اولاً كل شيء مقلوباً وان يعتمد حينئذ على حاسة اللمس في
اصلاح الخطا الى ان يعتاد ان يراه مقوماً وذلك خلاف الواقع.
وعلى المذهب الثاني نرى حكمة الباري الذي لا اله الا هو في جعل
شعاع النور ان تسير على خطوط مستقيمة ووضع رطوبات شفافة
في العين لكي تجمع الاشعة فتقلب الصور وتذكر مقومة كما
هي. ولواتت الاشعة التي من اسفل الشمع الى اسفل العين والتي
من اعلاه الى اعلاها بعد انكسارها لبانت جميع الاشباح مقلوبة.
فالحكمة هنا بقلب الصورة اذ كان قلبها علة لابصار الاشباح مقوماً

٤٨٥ البصر المفرد والمزدوج. اذا نظرنا شجراً بالعينين ترسم في كل عين صورة له وعصب البصر في كل يرسل صورته الى المخ. ومع ذلك لا يشعر البصر الا بصورة واحدة ما دام العينان احدهما تقابل الاخرى في الوضع وذلك لان الصورة في عين واحدة تقع على شبكيتها نفس موقع الصورة في العين الاخرى وهذا ما يسمى بالبصر المفرد. وتكون احدى العينين تقابل الاخرى تماماً متى ما لنا الى جهة واحدة معاً الى فوق وإلى تحت وإلى الجانبين بدون ادنى خلل. ويتبين لك لزوم هذه المقابلة بكبس الاصبع على احدى العينين في جهة ما اذ تترك الاخرى مطلقة لكي تتحرك الى حيث تحركها العضلات. فاذا فعل ذلك يظهر كل شئ زوجاً لان صورته في عين واحدة تستقر على قسم من الشبكية يختلف عن الذي تستقر عليه صورة الشئ في العين الاخرى فيجمل العصب الى المخ صورتين وهذا ما يقال له البصر المزدوج. وهذا الشئ نفسه يحدث في الحول اذ لا تتفق عضلات العينين في فعلها. ولا يكون بصر مزدوج غالباً في الحول المزمن لان العقل يكون قد تعود ان لا يعتبر التأثير الحاصل من العين الحولاء وإنما اذا حدث حول بغتة من مرضي يحصل بصر مزدوج لان التعود المذكور الذي يمنع يقتضي برهة لاجل الحصول عليه

٤٨٦ اثر الصورة في العين . ان اثر الصورة التي يرسمها
النور في العين يبقى برهة قصيرة بعد زوال النور نفسه . لانه اذا
اشعلنا طرف عصا وادرنها بسرعة تجعل حلقة من نور وذلك
ليس الا لان اثر الصورة بقي على حاسية البصر زمنا اطول من
الزمن الذي بقيت فيه النقطة المنيرة في مرورها حول الدائرة .
ولهذا السبب ايضا انصاف اقطار دولاب واجزاء اخر من آلة
متحركة بسرعة تظهر سطوحاً غير منقطعة مدة حركتها مع ان هذه
الاجزاء مصنوعة مفترقة بعضها عن بعض بينها فرجات متسعة .
وكذلك البرق والشهب تظهر راسمة خطوطاً مستطيلة من النور
لان مرورها في الجلد سريعاً جداً فلا تفقد العين اثر الاجزاء
الاولى حتى تضاف الاخرى

وعلى هذا المبدأ قد اخترع لعبة للاولاد يقال لها ثوماتروب من لفظة
يونانية معناها ادارة معجبة . ويظهر لك مثالا في (شكل ٢٧٤) الذي يدل
على دائرة من كرتون على وجهها الواحد مرسوم كلب وعلى الاخر رجل .

شكل ٢٧٤



وجانبان متقابلان من محيط الكرتونة مربوطاً فيهما خيطان بهما تحرك الكرتونة
بسرعة اذ يمك كل منهما بين الابهام والسبابة من كل من اليدين . فهذه

الحركة تدار صورتان على الوجهين المتقابلين بسرعة امام العين على التوالي .
فاذا كانت الحركة سريعة والعين ابطت أثر كليهما فلا ثنتان تظهران متحدتين
اي ان الرجل يظهر على ظهر الكلب

وعلى هذا المبدأ تصنع الالة التي يقال لها فنتز مسكوب وهي مولفة من
خزانات في دائرة حاملة على حدودها صوراً مختلفة بينها نسبة فكل صورة
تالية لها علاقة بالسابقة واذا ظهرت جميعها معاً بحركة سريعة تُظهر رسماً غريباً
يتم به عمل غريب مبهج . فقد تكون بداية الصور موسيقي في يده كمنجا وقوس
مبتدئة بتشغيلها . والصورة الثانية قوس مجرورة اكثر فتُظهر الصورة مجبوعاً
فيها صورتان معاً بحركة سريعة حركة قوس كمنجا اعني اديّة . وعلى هذا
الاسلوب يتم الرقص ولعب الخيال وما شاكل ذلك

الفصل الرابع

في انحلال النور وما يتعلق به

٤٨٧ الطيف المنشوري . ان النور باجنيازه من مادة الطف
الى اكثف لا يطرأ عليه الانكسار فقط بل انما ينحل او يتفرق الى
الوان ايضاً تختلف عن لونه الاصلي الذي هو الابيض فينحل حبل
من شعاع الشمس الى الوانه بعد نفوذه من منشور او عدسية محدبة
او كرة من مادة زجاجية او خلافاً من المواد الشفافة . والمنشور

الزجاجي هو الأكثر استعمالاً لاجل اظهار انحلال النور . فاذا دخل حبل الشعاع من ثقب او كوة الى غرفة مظلمة ووقع على منشور يميل بالانكسار عن حد المنشور كما قد تقرر (رقم ٤٦٦) غير انه يظهر ان بعض الشعاع تميل اكثر من البعض الآخر عن طريقها الاصلي . فالحبل الاسطواني المستدير لا يبقى على هيئته بعد مروره في المنشور بل يصير مستطيلاً على هيئة مكسدة واذا وقع على سطح من ورق يظهر له سبعة الوان مرصوفة بعضها فوق بعض على هذا الترتيب البنفسجي اذ يكون ابعد الالوان السبعة عن خط المجري الاصلي لحبل النور ثم النيلي ثم الازرق ثم الاخضر ثم الاصفر ثم البرتقالي ثم الاحمر . ويسمى هذا الرصيف بالطيف المنشوري او اذا اتى النور من الشمس بالطيف الشمسي وذلك يتضح من النظر الى (شكل ٢٧٥) . لتكن د الثقب التي فيها

شكل ٢٧٥



يدخل نور الشمس وذ الدائرة المنيرة حيث يقع فحالما يعرض المنشور ابـت

وحد الانكسارت له الى تحت يميل حبل النور الى فوق بدخوله في الزجاج
ومخرجه منه ويرسم الطيف على سطح يوضع امام المنشور وترى السبعة الالوان
المذكورة كما في الشكل والبنفسجي الابعد عن دذ. وقد نظمت له لاجل حفظه
وتذكره في الذهن هذه الايات الثلاثة وهي

الوان طيف الشمس سبعة يرى ترتيبها فيه كما سيذكر
بنفسجي ثم نيلي بلبل وازرق يليه ثم الاخضر
واصفر وبرتقاني كذا وفي ختام الكل ياتي الاحمر

والمسافات المشغولة بالوان الطيف النافذ من منشور زجاجي زاوية
انكساره ٦٠° مختلفة. فاذا فرضنا ان طول الطيف ٢٦٠ جزءا كان الاحمر
شاغلا ٤٥ منها والبرتقاني ٢٧ والاصفر ٤٠ والاخضر ٦٠ والازرق كذلك
والنيلي ٤٨ والبنفسجي ٨٠ ثم اذا اديرحد الانكسار للمنشور الى فوق يميل
حبل الشعاع الى اسفل وينقلب ترتيب الوان الطيف فيصبح البنفسجي اسفل
وفوقه النيلي الخ والاحمر في الراس. وذلك دليل على ان اللون الاحمر هو
اللون الاقل انكسارا والبنفسجي الاعظم وان الترتيب من الواحد الى الآخر
يبقى على حاله ابداً

والمنشور يحل النور من اي مصدر كان على الاسلوب المذكور ويرينا
فضلاً عما ذكر ان كل جنم منيرة نوع من النور خاص به وان الالوان
توجد على نسب مختلفة في كل الاجسام المنيرة فلكل نجم طيف يختلف عن
طيف الشمس وعن طيف اي نجم من بقية النجوم

٤٨٨ شعاع الحرارة والشعاع الكيماوية وشعاع النور. ان في
حبل النور ما عدا الالوان السبعة شعاع حرارة خفية ايضاً. وهذه

شكل ٢٧٦

... الفعل الكيماوي الاعظم



بنفسي ١٠
نيلي ٤٨
أزرق ٧٠
أخضر ٧٠
أصفر ٤٠
برتقاني ٢٧
أحمر ٤٠

...النور الاعظم
...الحرارة العظمى

الشعاع تكثر تحت
الشعاع الحمراء من
الطيف وثقل عند
الطرف الاخر منه اذ
كان الترمومتر يصعد
زيبقة بوضعه (شكل

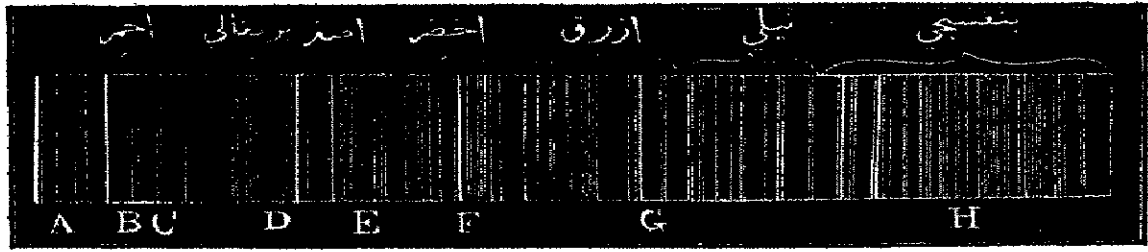
(٢٧٥) على حد اللون الاحمر اكثر مما يصعد في مكان آخر من الطيف ولا يكاد يصعد عند اللون البنفسجي ومن ذلك استدلوا على ان شعاع الحرارة اقل انكساراً من شعاع الطيف . ثم انه يلاحظ ان الكمية العظمى من النور على الحد بين الشعاع البرتقاني والصفراء . ثم في الطيف نوع آخر من الشعاع وهو الشعاع الكيماوية وهي اعظم انكساراً من شعاع اي لون منه . لانه ان وضع كواشف مناسبة يكشف عن وجودها وانها ابعد من البنفسجي . وهذه الشعاع هي المعتبرة في فن الديغروتيب انها ترسم الصورة . وكيفية ذلك انه يعد لوح معدني بانه يدهن بمواد كيماوية ويوضع في قعر الخزانة المظلمة التي سيأتي بيانها ليستقبل صورة الشج الذي يراد تصويره هناك ثم يدخل حبل شعاع من الشج الى الخزانة ليقع على اللوح المذكور فالشعاع الكيماوية حيثئذ تتحد بالمواد الكيماوية في اللوح

وتلوّننها وترسم صورة ثابتة للشئ . ومن اراد معرفة تلك المواد
الكيمائية ومعرفة فن الديغروتيب بالتدقيق فليراجع في الكيمياء
٤٨٩ خطوط فرنهوفر . ما عدا الشعاع المذكورة قد لاحظوا
من النظر الى الطيف بالمكرسكوب خطوطاً فيه عمودية على طول
الطيف منيرة بينها خطوط سود . وهي تنتج من وجود بعض
المواد في الجسم المنير الآتي عنه نور الطيف وتختلف باختلافها .
وهذه الخطوط سميت خطوط فرنهوفر نسبة الى المعلم المذكور وهي
تعتبر في فن الكيمياء ادق كاشف عن المواد في جسم ما . لانه اذا
احرقنا جسماً وجعلنا حيلاً من نور لهيبه داخل في غرفة مظلمة يمر
على منشور زجاجي ونظرنا بنظارة الى الطيف نكشف عن
المواد الموجودة في الجسم بمشاهدة خطوط تخص الوانها ومواقعها
وعدها بتلك المواد . ولما كانت هذه الخطوط كثيرة العدد ولا
تخفظ في الذهن اذ يعرف منها الان نحو ٦٠٠٠ خط فقد عين
المعلم فرنهوفر حروفاً رومانية لبعض الخطوط المشهورة منها
(شكل ٢٧٧) التي يعرف بها وجود مواد في الجسم المنير تنتج هي
عنها

فاذا كان طيف اللهب حاملاً معه قليلاً من الصود يوم يرى فيه بالنظارة
خط اصفر لامع يقابل الحرف D وان كان فيه بوتاسيوم يرى خط احمر يوافق
A وخط اخر في اللون البنفسجي بقرب H وان كان فيه ليشيوم يرى خط اصفر

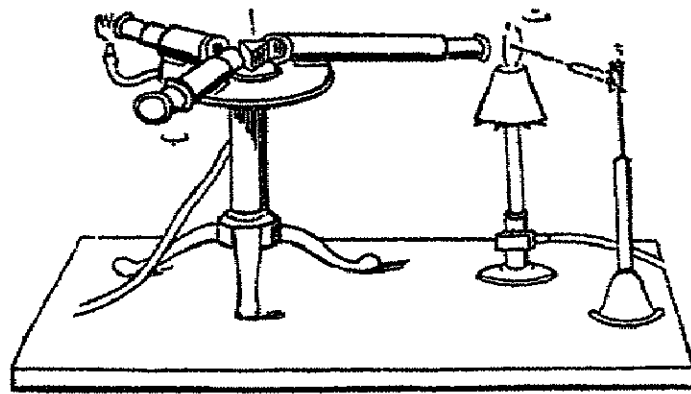
ضعيف بين B و C واحرقان بين A و B وهكذا تكشف مواد اخر في اجسام

شكل ٢٧٧



منيرة بمشاهدة خطوطها المخصوصة بها وقد سي هذا العمل بالحل الطيفي
والآلة لاكتشاف هذه المواد تعرف بالسبكتروسكوب . وهي مركبة من

شكل ٢٧٨



صف من المنشورات موضوع في انبوبة يجنازها النور ويقع على منشور خارج
ومن تلسكوب ينظر بها الى الطيف الاخير (شكل ٢٧٨)

٤٩٠ لما كان النور الابيض ينحل الى الوان الطيف السبعة

فهو مركب منها . فاذا ركبنا تلك الالوان معاً فلا بد انه ينتج من
المزج نوراً ابيض . وقد بين ذلك العلامة نيوتون ببعض امتحانات .
منها انه مزج معاً سبعة مسحونات ملونة بالوان الطيف المنشوري

فوجد ان للمزيج لوناً اشهب اي ابيض يضرب الى السواد قليلاً .
ومنها انه دهن لوحاً مستديراً بهذه الالوان ووجد انه اذا اداره
سريعاً حتى لا تعود تميز الالوان يظهر لون اللوح ابيض والنجاح
في ذلك اذا اراد احد ان يجرب هذه التجربة يقتضي ان تلاحظ
نسبة فسحات الالوان بعضها الى بعض . ثم انه يمكن ذلك بطريقة
اخرى وهي ان تجمع الوان الطيف المنشوري بواسطة مرآة مقعرة
او عدسية محدبة تستقبل الوان الطيف الى بورة فيظهر المجموع
لوناً ابيض . وكذلك يتبين الامر بان بعد ان يحل النور بمنشور
يؤخذ منشور ثانٍ من نفس مادة الاول وزاوية الانكسار له كزاوية
ويوضع بالقرب منه بحيث تكون قاعدته حذاء زاوية الانكسار
له فبمرور الطيف حيث في الثاني يبطل فعل الاول لان اللون
الذي افترق عن غيره بزيادة انكساره في الاول ينضم راجعاً اليه
بزيادة انكساره في الثاني الى خلاف جهة الانكسار الاول فيمتزج
الجميع والنور النافذ يرى ابيض وموازيًا للداخل . ووجود
الوان الطيف السبعة معاً ضروري لحصول النور الابيض
من مركبها . ويتبين ذلك من انه اذا جعلنا خيطاً او شريطة
تحول دون اللون الاحمر من الطيف بين المنشور والعدسية ثم
جمعنا الباقي ينتج لون ازرق ناصع واذا حجزنا دون البنفسجي ينتج من

مركب الباقي لون احمر قانٍ وينتج اللون اخر اذا حجزنا دون البقية كذلك

وهذه الالوان اصلية بسيطة ويبرهن ذلك من هذه التجربة وهي خذ منشوراً ثانياً كالاول واجز دون ستة من اللون الطيف الحاصل من الاول بمجازٍ كلوح معدن واجعل السابع ان يمر في ثقب للحاجز ثم عرِّض له المنشور الثاني لكي ينفذ فيه فتري ذلك اللون يبقى بعد نفوذه في المنشور الثاني كما كان اولاً. والحاصل من كل ذلك ان نور الشمس او نور اي جسم اخر منير مركب من سبعة الوان اصلية بسيطة تظهر بمنشور شفاف لكون شعاع كل لون من السبعة يختلف مقدار انكسارها فيه عن انكسار شعاع الالوان الأخر

٤٩٦ الالوان الممتدة. قد قلنا ان وجود الوان الطيف السبعة معاً ضروري لحصول اللون الابيض من مزيجها. فاذا مُزج بعضها فقط معاً يكون لون المزيج غير ابيض ومن اختلاف التركيب ينتج الوان لا يحصى عديدها. واذا مزج لونين من المذكورة وكان احدهما مركباً من بعض الوان الطيف السبعة والاخر من البقية يكون لون مزيجها ابيض ويسمى احدهما متم والاخر وكلاهما لونين متمين. مثاله اذا مُزج الاخضر والازرق والاصفر معاً يحصل

والخزام الزرقاء والياقوت الحمراء وهلم جرا وان الاجسام البيضاء
تعكس كل شعاع الوان الطيف فتظهر بلون ابيض والسوداء
تمتص جميعها الا قليلا جدا فتظهر مظلمة

٤٩٣ قوة تفريق الطيف . تفريق الطيف هو المسافة من
الدرجات بين طرفي طيف الشعاع المنكسرة . وقوة التفريق يدل
عليها بالخارج من قسمة التفريق على زاوية الانحراف . مثاله اذا
كانت مادة تكسر حبالا من النور $1'5''$ عن جهته وتفرق البنفسجي
عن الاحمر $4'$ فقوة التفريق لتلك المادة $\frac{1}{111} = 0.009$ والقائمة
الآتية تبين قوات التفريق لبعض مواد مستعملة كثيرا في
البصريات

قوة التفريق	قوة التفريق	قوة التفريق
٠.٠٢٣	زجاج المرايا	٠.١٢٩ زيت القرقة
٠.٠٢١	الحامض الكبريتيك	٠.١٣٠ كبريتات الكربون
٠.٠٢٩	الكحول	٠.٠٧٩ زيت اللوز المر
٠.٠٢٦	البلور الصخري	٠.٠٥٢ الزجاج البلوري او الصواني
٠.٠٢٦	الياقوت الازرق	٠.٠٤٣ الحامض الميوراتيك
٠.٠٢٣	بلور الفلور	٠.٠٣٨ الالماس
		٠.٠٣٦ الزجاج الصافي

واكتشاف اختلاف درجات قوة التفريق في مواد مختلفة قد ازال صعوبة
جسيمة في عمل الآلات البصرية لان مة عرف طريقة ازالة الخطا اللوني الذي

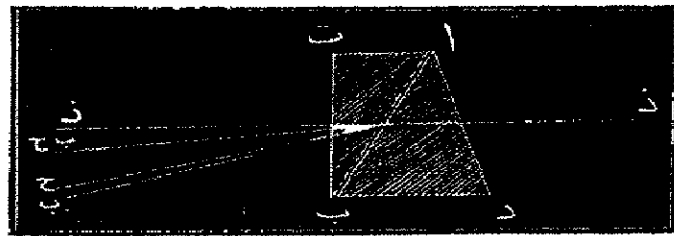
يليك الصورة كما سترى وكان المكتشف لذلك المعلم دُولند

٤٩٤ الخطا اللوني. هوزيغان اللون عن نقطة البورة عند انكساره في عدسية محدبة. والفرق بينه وبين الخطا الكروي ان هذا انحلال الشعاع عند البورة الى الوان مفترقة بالانكسار وذاك زيغان الشعاع عن البورة لاختلاف الانكسار. فقد يحدث هذا مع وجود ذاك وقد يحدث بدونيه كما اذا كانت العدسية المحدبة هلالية تحديبها اهليلجي وتغيرها كروي (رقم ٤٨٠) لان في العدسية خاصة لحل النور الى الوان كالمنشور فتفرق الالوان مع كون الشعاع مجمعة في نقطة البورة تماما. فاذا تغطى سطح عدسية الا حلقة ضيقة قرب الطرف وأرسل حبل من نور في الحلقة يظهر الخطا اللوني واضحا. لان اللون الاعظم انكسارا وهو البنفسجي يقع عند بورته اقرب الى العدسية ثم الالوان الأخرى بالترتيب اذ يكون الاحمر الأبعد عنها. ولما كان جلاء صورة يتوقف على اجتماع قلم واحد في نقطة واحدة بدون انحلاله الى الوان فتفريق شعاع الالوان يجعل التباسا وعدم جلاء في الصورة. وهاك طريقة اصلاح هذا الخطا

٤٩٥ اصلاح الخطا اللوني. لا يخفى انه في الآلات البصرية يقتضي انكسار النور بالعدسيات لاجل تكبير الاشباح او تقريبها

كما سيأتي مع بقاء الألوان مترتبة لأجل وضوح الصورة. ولأجل الحصول على ذلك رأوا أنه بعد أن يكون حبل النور قد انكسر فثفرت الوانها يجب أن تستعمل مادة ذات قوة عظمى للتفريق وقليلة التكرير حتى تضم الألوان أيضاً بتكسير حبل النور راجعاً إلى جهته الأصلية جزءاً فقط من زاوية الانحراف الأولى. فحيثئذٍ تجتمع الألوان ويبقى الانكسار بقدر الفرق

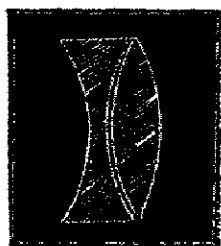
مثال ذلك لنفرض منشورين أحدهما من زجاج صافي والآخر من زجاج بلوري أو صواني وكل منهما محكوك حتى نصير زاوية التكرير لتفريق الشعبة البنفسجية عن الحمراء في فضاء على ذلك لابد أن الزجاج الصافي يكسر حبل الشعاع ١٥١ لأن قوة التفريق له ٠.٢٦ و $\frac{1}{17}$ - ٠.٢٦. وأما الزجاج البلوري فيكسره ١٧١ فقط لأن $\frac{1}{17}$ - ٠.٥٢ قوة التفريق له. وضع هذين المنشورين معاً حداً لقاعدة. فإن أ ب د الزجاج الصافي يكسر حبل الشعاع ذ إلى أسفل ١٥١ والبنفسجي ب ع أكثر من الأحمر ح. وأ ب ت شكل ٢٧٨



الصواني يكسر هذا الحبل المحلول إلى أعلى ١٧١ والبنفسجي ع أكثر من الأحمر وبذلك يعودان ينضمان عند ب ح ويضم ما بينهما كذلك فيرجع الطيف أبيض وحبل الشعاع يكون قد انكسر ١٥١ - ١٧١ - ٢٤ وهذا الانكسار يكون قد حصل بدون حصول ألوان الطيف وهذا هو المطلوب في

الات. وعلى هذا الأسلوب يُصلح الخطأ للعدسيات كما سترى
 ٤٩٦ اصلاح الخطأ اللوني للعدسيات . اذا كان اصلاح
 الخطأ اللوني ممكناً بمنشورين يكون كذلك بعدسيتين . لانه اذا
 اتحدت عدسية محدبة من زجاج بلوري بعدسية مقعرة من زجاج
 صافٍ فالاولى تجمع شعاع قلمٍ والثانية تفرقه . فاذا جعلت المقعرة
 مناسبة لتفريق الشعاع حتى تجمع الالوان فقط وكانت المحدبة تكسر
 الشعاع زيادةً عن المقعرة بزيادة انحنائها يصلح الخطأ ويبقى النور
 منكسراً بمقدار الفرق بين التكسيرين

وعدسية كهذه (شكل ٢٧٩) مولفة من عدسيتين مختلفتي المادة والانحناء
 مصنوعة لكي تجعل الصورة خالية من الخطأ
 اللوني يقال لها عدسية عدم اللون . وهنا نرى
 حكمة الباري ايضاً في وضع الرطوبة البلورية
 المحدبة ضمن تعير في الزجاجية (رقم ٤٨١) لانه
 بحسب ظني جعلها على كيفية عدسية عدم اللون
 لاجل اصلاح الخطأ اللوني في العين



شكل ٢٧٩

تنبيه . قد ذكرنا سابقاً انه اذا اتحد البنفسجي والاحمر تحد ايضاً سائر
 الالوان المتوسطة بينهما . ولكنه قد وجد ان ذلك ليس بصحيح تماماً بل انما مواد
 مختلفة تفرق لونين مفروضين من الطيف بمسافات تختلف نسبها الى كل طول
 الطيف . وذلك يسمى عدم مناسبة التفريق . وبسبب هذا الامر قد يوجد
 الشباك الوان في الصورة بعد اتحاد اللونين المتطرفين . فقد عرف بالاستعمال
 ان الافق جعل الانحناءات مناسبة لجميع هذه الاشعة

الفصل الخامس

في قوس السحاب والهالة

٤٩٧ ان قوس السحاب او قوس قُزَح و هي القوس الملونة التي نراها في الجو عندما يكون المطر ساقطاً وشعاع الشمس واقعة عليه ناتج عن انحلال النور بتكسيده في نقط المطر اذ يقع عليها من الجانب المقابل من السماء وينفذ منها كانهلاله بمنشور شفاف. ودليل ذلك انه اذا ملأت فك ماء ومجته في نور داخل الى غرفة ترى انحلال ذلك النور الى الوان الطيف كقوس قزح . ولهذا السبب نفسه ترى الالوان الجميلة بالنظر الى نقط الندى على النبات او غيره في الصباح اول شروق الشمس قبل ان ينشف عنها الندى وعليه قول الشاعر

صاحِ هذا بلبل الاغصانِ صاحِ * وتلالا الدر في ثغر الاقاج
فاغتم فرصة انسي في الصباح * ان وقت الانس في الدنيا ثمين
وقوس السحاب اذا كانت كاملة ترى مؤلفة من قوسين
مستديرتين ملونتين تسميان عند اعتبار تمييز احدهما عن الاخرى

القوس الداخلة والقوس الخارجة او القوس الاصلية والقوس الفرعية . وكل منها مولفة من جميع الوان الطيف على ترتيب يعاكس الآخر . فالاحمر في الاصلية خارجها واما الخارج في الفرعية فالبنفسجي . والقوس الاصلية اضيق والمع من الفرعية . ومركز القوسين هو عند نقطة من الجلد تقابل الشمس والخط المرسوم من الشمس الى عين الناظر يمر بالمركز وهذا الخط يقال له محور القوسين . والنور الذي يصنع القوس الاصلية ينعكس مرة واحدة داخل النقطة والذي يصنع الفرعية ينعكس مرتين داخل النقطة كما سيأتي

٤٩٨ جهة الشعاع في القوس الاصلية . ان شعاع الشمس النافذة من نقط المطر بعد انعكاسها مرة فيها المحلولة الى الوان الطيف ومسببة ظهور قوس السحاب الاصلية تجعل مع الشعاع الواقعة زاوية $2^{\circ} 43'$ للون الاحمر و $17^{\circ} 40'$ للون البنفسجي وليبان ذلك لتكن دائرة ف ج ك د (شكل ٢٨٠) قطع نقطة مطري وف ك قطر ذلك القطع واب ت ث الخ شعاعا متوازية من نور الشمس واقعة على النقطة . فان ي ف الشعاع المطابقة للقطر لا يعتريها انكسار . واب الشعاع القريبة الى شعاع ي ف تنكسر قليلا الى نحو نصف القطر حتى تلاقي الوجه الابعد من النقطة على بعد من القطر نحو نصف البعد الذي دخلت منه . واما الشعاع البعيدة عن ي ف التي تجعل مع نصف القطر زوايا عظمى فيزداد معدل

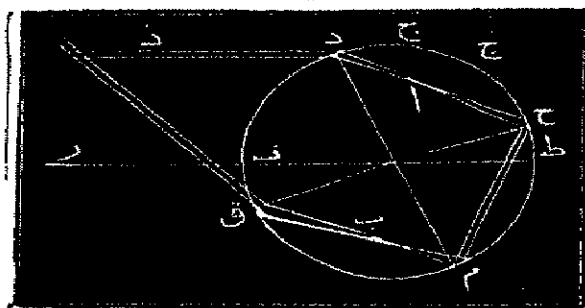
قوس السحاب والهالة

فعدد واقر من الشعاع على جانبي ت ث تلتقي قريبة جداً من النقطة θ حيث تقع شعة 60° وبالنسبة تنعكس من هذه النقطة كمية من الشعاع اعظم من التي تنعكس من اي نقطة اخرى من القوس ك ج. والامر واضح انه اذا رجعت هذه الشعاع في نفس الخطوط تخرج متوازية قرب ت ث ولكن اذا انعكست الى الجانب الاخر من نصف القطر س ح فعوض ان ترجع في الربع ف ج تجعل زوايا متساوية مع نصف القطر وبالنسبة بعضها مع بعض كالشعاع الواقعة والمنعكسة وبالنسبة تلاقي الخط المنحني على الجانب الاخر من المحوري ك اذ تكون الزاوية ث ح س - س ح د وتخرج متوازية في خط د ذ. فيظهر ان في قطع نقطة المطر على الجانب الخلفي نقطة مخصوصة حيث تجمع شعاع نور الشمس ثم تنفرج منها وتنفذ من نقطة المطر ويخرجها وانحلالها الى اللون الطيف كل لون يبرز حياً من شعاع متوازية. وقد وجد بالحساب ان الزاوية التي تجعلها شعاع الوقوع مع الشعاع النافذة اي الزاوية المتضمنة بين خطي ت ث و ذ د اذا اخرجنا في الشعاع الحمراء 42° وهذه صورة الحساب اذ يجعل دليل الانكسار للماء $\frac{4}{3}$ لان ف س ث = الزاوية الخارجة اذا اخرج س ث التي هي زاوية الوقوع - 60° يوجد بالحساب ان س ث ح = $\frac{1}{2} 30^\circ 40'$. فاذا ث ح س اوس ح د اوح د س = $\frac{1}{2} 30^\circ 40'$. فتكون ح س ث اوح س د = $58^\circ 58'$. وانما ث س ك = 120° اذا ح س ك = 121° . فتكون ك س د = $58^\circ 57'$. ولكن لما كانت زاوية ح د س = $\frac{1}{2} 30^\circ 40'$ فزاوية الانكسار الخارجة التي تجعلها د ذ مع س د اذا اخرج = 60° فزاوية س د ذ = 120° واذا رسم من د خطاً يوازي ت ث اوى ك يجعل مع س د زاوية - المتبادلة ك س د = $58^\circ 57'$ فالشعة د ذ تجعل مع ذلك الخط المتوازي لخط ت ث زاوية = 120° - $58^\circ 57' - 42^\circ$ وهي الزاوية بين الشعاع الحمراء السفلى وشعاع الشمس. ومن حيث ان تفريق الطيف هنا يكون 40° فتكون الزاوية بين الشعاع

البنفسجية وشعاع الشمس ١٧٤٠°. فيظهر من ذلك ان الزاوية العظمى التي تجعلها الشعاع المنعكسة مرة واحدة فقط في نقط المطر مع شعاع الشمس لا تتجاوز ٢٤٢° اذ تكون كل الشعاع على الربع ف ج سواء كانت اقرب او ابعد عن القطر من ث ت عند ٦٠°

٤٩٩ جهة الشعاع في القوس الفرعية . انه يكون ايضا عند حد معلوم تجمع للنور الذي يخرج بعد ان ينعكس انعكاستين اذا حسبنا كما حسبنا سابقا جهة الشعاع الواقعة على الربع ف ج نجد ان

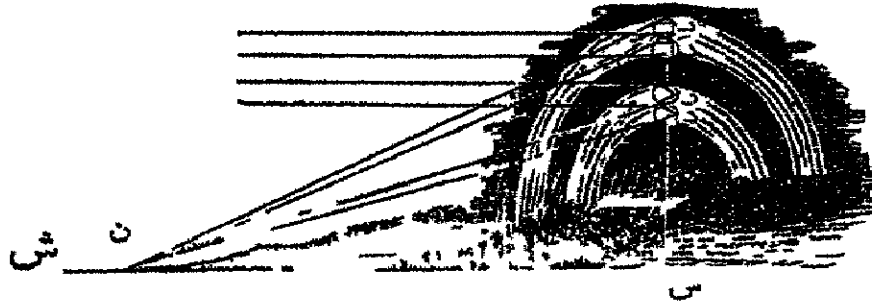
شکل ۲۸۱



تلك الشعاع ذد (شكل ٢٨١) التي تدخل عند ٧١° أو ٧٢° من المحور ف ط
بعد ان تتقاطع في نقطة المطر عد ا تنعكس عند ح جارية في خطوط متوازية
وبالضرورة بعد انعكاس ثانٍ عند م ونفوذها عند ق ينقلب ترتيب سيرها
فتتقاطع ثانية عند ب وتخرج متوازية عند ق . فتري ان حبلاً كهذا يصعد
بعد نفوذه ويقطع المحور ويحناز خط ممره الاصلي ويعلو عن نقطة المطر اذ تتقاطع
الشعاع البنفسجية والشعاع ذد بزاوية ٥٤° والحمراء بزاوية ٥٩° وبقية
الالوان بينها على الترتيب ومن امعن النظر بطريقة حساب الجهة لشعاع
القوس الاصلية لا تخفى عليه طريقة حساب هذه . ولكي تنزل الشعاع النافذة هنا
الى الناظر يقتضي ان تدخل الشعاع الواقعة تحت المحور وتخرج فوقه . وهذه
الظواهر قد امتحنت بتعليق كرة من زجاج فارغة رقيقة مملوءة ماء امام شعاع

مارة من الشمس في عين الناظر عند ن الى النقطة المتابلة في الجلد. ولتكن
ذن ودن الشعاعين المتطرفين اللتين بعد انعكاسهما واحدة تاتي بالالوان الى

شكل ٢٨٤



العين عند ن وذن ودن اللتين تظهران الالوان بعد انعكاسيتين تم حسب
ما مر (رقم ٤٦٨ ورقم ٤٦٩) ذن س - ١٧ ٤٠ وذن س - ٢ ٤٢ وذن س -
٥٩ ٥٠ وذن س - ٩ ٥٤. ولما كانت هاتان الزاويتان لا تتغيران باختلاف
جهات الشعاع الآتية الى العين اذ تجريان على ناموس الانكسار فالشعاع
النافذة اذا جميعها ترسم سطحي مخروطين راساها في العين عند ن ودائرتا
الالوان كما تظهران في السحاب محيطا قاعدتيها وشن س محورهما المشترك يمر
بعين الناظر. فتشعاع قوسين تظهر في مكان واحد ليست هي نفس الشعاع في
مكان اخر ولو قريبا منه ونقط المطر النافذة منها الشعاع ليست هي للقوسين
في اكثر من مكان واحد لان المحور يختلف باختلاف المكان فيختلف المخروطان
فكل ناظر يرى قوسين خلاف ما يراها غيره في غير مكانه

ثم انه في موقع مفروض للناظر امتداد القوسين يتوقف على ارتفاع الشمس.
فان كانت على الافق فالقوسان بصفا دائرة وان كانت اعلى فاقبل لان مركزهما
ينخفضان تحت الافق بمقدار ارتفاع الشمس فوقه. على انه ان كان المطر قريبا
حينئذ فقد ترى الاجزاء السفلى من القوسين ممتدة كاقواس اهلبي او شلبي او
هذلولي لان سطح الارض يقطع المخروطين بالورب. وقد شوهدت القوسان
من راس جبل دائرتين تامتين

٥٠٢ انقلاب ترتيب الالوان في احدى القوسين بالنظر الى الاخرى. اما سبب ذلك فيظهر من اعتبار هذا الامر وهوائه في القوس الاصلية الشعاع التي تنزل الى عين الناظر تنفذ من الربع الاسفل او الداخل من نقطة المطر وتميل بالانكسار الى فوق عن نصف القطر الخارج ماراً بنقطة النفوذ او الى خارج القوس اذ تنفذ في الفرعية من الربع الاعلى او الخارج وتميل عن نصف القطر الى اسفل. فان الشععة د ن (شكل ٢٨٤) من الاصلية المفروض كونها بنفسجية هي الاعظم انكساراً ولذلك سائر الشعاع من تلك النقطة تسقط الى تحتها وتقتصر عن الوصول الى العين. واما الالوان الاخر فتاتي من نقط فوقها فالبنفسجي اذا هو اللون الذي يرى اقرب الى المحور. واما الشععة د ن في الفرعية فهي البنفسجية والالوان الاخر اذ تكون اقل ميلاً عن نصف قطر النقطة الخارج ماراً بنقطة النفوذ تقع فوق د ن. ولذلك لكي تصل الوان اخر الى ن يقتضي ان تنفذ من نقط سفلى اي نقط اقرب الى المحور. فالبنفسجي هو اللون الخارج من القوس الفرعية. وبالاختصار العين ترى الوان القوس الاصلية ضمن زاوية 45° والبنفسجي اسفل لانه فيها اقل ميلاً من سائر الالوان على المحور وترى الوان الفرعية ضمن زاوية 10° والبنفسجي اعلى لانه اعظم ميلاً على

المحور

٥٠٢ اضاءة السحاب تحت القوس الاصلية وفوق الفرعية
واسودادها بينها

انه قد وجد بالحساب كما مرّ ان الشعاع الواقعة والنافذة
اذ تنعكس انعكاسة واحدة لا تجعل احداها على الاخرى ميلاً
اعظم من ٢' ٤٢° للنور الاحمر و ١٧' ٤٠° للبنفسجي لان هذا الميل
تجعل الشعاع الواقعة عند بعد ٦٠° من محور نقطة المطر. واما ما
وقعت فوق ذلك او تحته فتجعل ميلاً اقل من ٢' ٤٢° الى ٠°
كما يستنتج مما مرّ. ولذلك كل النور المنعكس مرة واحدة ياتي الى
العين من داخل القوس الاصلية واذا انعكست الاشعة انعكاستين
فزاويتا ٥٩' ٥٠° و ٩' ٥٤° هما بالحساب اقل ميلين للنور الاحمر
والبنفسجي. وقد يكون الميل اعظم من ذلك الى ان يصل الى ١٨٠°.
فلذلك الشعاع المنعكسة مرتين تاتي الى العين من اي جزء كان
من الجلد الا بين القوس الفرعية ومركزها. فاذا ظهر انه لا
نور منعكس مرة او مرتين من النقط داخل المنطقة الواقعة بين
القوسين يمكن ان يصل الى العين. والمراقبة تؤكد ما نقرر لانه
متى كان القوسان لامعتين فالمطر داخل الاصلية المع ما في مكان
آخر وخارج القوس الفرعية توجد لامعية اعظم ما بين القوسين

حيث السحاب اظلم من سحاب مكانٍ آخر

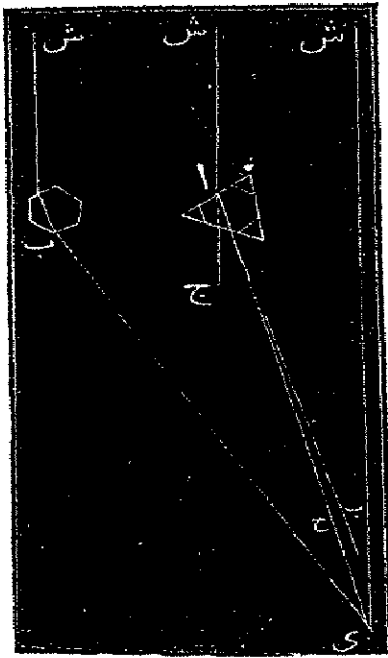
٥٠٤ القوس المثلثة. هي قوس سحاب تصنع بانعكاس النور في نقط المطر ثلث مرات وموقعها الى جهة الشمس من الناظر بخلاف القوسين المار ذكرهما لانها تكونان الى خلاف جهة الشمس. وذلك لان الشعاع التي تنعكس ثلث مرات لا يخفى انها ترجع الى جهة مسيرها الاول. وارتفاعها عن الشمس نحو 40° والشعاع الواقعة التي تكونها تدخل نقط المطر على بعد نحو 77° من محورها وتنفذ من الجانب الخلفي. ولكن هذا النوع من قوس السحاب ضعيف جداً بداعي تكرار الانعكاسات وموقعه غير مناسب فلا يرى الا نادراً

٥٠٥ الهالة الاعنيادية. هي كما ترى غالباً حلقة مستديرة حول الشمس او القمر وحدها الداخل احمر وخارجها ابيض وما بينها امزجة الوان متقطعة وكثافتها من داخل الى خارج تتناقص بالتدرج الى ان تصير بانارة الجلد والفسحة الداخلة اظلم من الخارجة وبعد حدها الداخل عن الشمس المحسوبة مركزاً لها نحو 22° وحدها الخارج الذي لا يميز نحو 42° . وقد عرف انها مكوّنة من النور المنكسر ببلورات الجليد العائمة في الهواء. وتكون متى اشرقت الشمس او القمر على جلدٍ مبيضٍ قليلاً بضباب لطيف.

وتفرق التي للقمر عن التي للشمس ان حدها الداخل يظهر لونه
ضعيفاً او لالون له

٥٠٦ كيفية تكوّن الهالة. ان نور الشمس او القمر يكون
الهالة بوقوعه على بلورات جليد في الجلد ذات اجناب ميل
بعضها على بعض 60° وبانحلاله بالانكسار الى الوان

شكل ٢٨٥



ولا يضاج كيفية ذلك لفرض العين
عند ي (شكل ٢٨٥) والشمس في جهة
ي ش. ولتكن ش ا ش ب الخ شعاع واقعة
على بلورات اتفق انها استقرت بحيث تكسر
النور الى ش ي كمحور. فكل بلورة تميل الشععة
عن حد التكسير عند دخولها فيها ثم عند
تركها اياها تمحيد ايضاً ويغل القلم المافذ. اما
اللون الذي ياتي من كل من البلورات
المذكورة الى العين فيتنوقف على بعدها
من الدرجات عن الخط ي ش وعلى موقع
زاوية التكسير لها. فزاوية الميل للبلورة ا هي

ي ا ج - ش ي ا للبلورة ب هي ش ي ب وهلم جراً. وقد وجد بالحساب ان
الميل الاقل للنور الاحمر $40^\circ 21'$ والميل الاقل للبرتقاني يقتضي ان يكون
اعظم قليلاً لانه اعظم انكساراً قليلاً وهلم جراً للالوان على الترتيب. والميل
الاعظم للشعاع غالباً هو نحو $43^\circ 12'$. فكل النور المرسل من بلورات كهذه
اذا لا بد ان ياتي الى الناظر من نقطتين هذين $40^\circ 21'$ و $43^\circ 12'$
من الشمس. وانما الجزء الاعظم منه كما تحقق الامر بالحساب يجناز بالحد الاقرب

٥٠٧ استدارة الهالة. اما سبب استدارتها ان ما يحدث على جانب واحد من ي ش يحدث على كل جانب. او بعبارة اخرى لنفرض الشكل د ا ر حول ي ش كمحور فالنور المرسل يظهر حلقة حول الشمس ش. اما كون الحد الداخل من الحلقة احمر مثل ح (شكل ٢٨٥) فلكون هذا اللون يميل اقل ثم على الحد الخارج من الاحمر البرتقاني ممزوجا معه وبعد ذلك الاحمر والبرتقاني والاصفر ممزوجة. وهلم جرا حتى توجد كل الالوان عند الزاوية العظمى للبنفسجي ولكن ليس على نسب متساوية

الفصل السادس

في الآلات البصرية

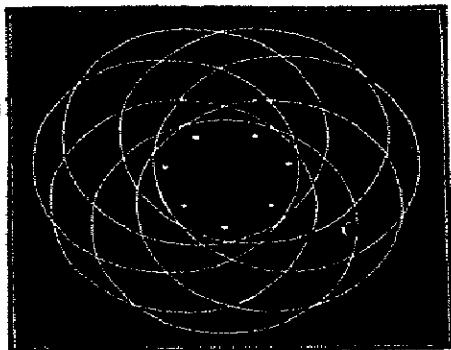
٥٠٨ انه من معرفة الخواص الطبيعية للزجاجات ذوات السطوح المستوية والمنشورات والعدسات في تكسير النور قد اخترع آلات بصرية شتى لاجل تكبير الاشباح وتقريب البعيد منها وانجلاها للنظر وغير ذلك. ولما كانت هذه الآلات مهمة ومعتبرة جدا عند الطبيعيين لعظم فوائدها اذ بها يراقب النجم

الاجرام السهوية ويرى الطبيعي عالماً من الحيوانات لا يظهر با لنظر
المجرد ويبصر الطبيب ما لا يدركه بصره من الاعضاء الدقيقة
والشرايين والاعصاب الى غير ذلك يقتضي ان نلتفت اليها بامعان
نظر. ولما كانت كثيرة العدد تقتصر على الالهم منها. وقبل ان
نبتدى بذكرها يلزمنا ان نتكلم عن دخول النور من ثقب الى
اماكن مظلمة

٥٠٩ دخول النور من ثقب. انه اذا دخل حبل نور من
الشمس الى غرفة مظلمة في ثقب صغير او وقع على حائط او طلحة
ورق قبال الثقب بعيداً عنه يصنع صورة مستديرة مها كانت هيئة
الثقب

لنفرض ان الثقب كبير قليلاً قطره نحو عقدة وهيئة مثلث او شكل
غير قياسي فصورته تكون مستديرة. لانه اذا افترض ان الثقب الكبير تحول
الى ثقب صغير كثقة الدبوس ويمكن ان يفعل ذلك بسهولة بوضع صفيحة
معدنية فوق الثقب كصفيحة من رصاص مثقبة بدبوس فشعاع الشمس المارة
في هذه الثقب تكون حينئذ بلا شك مستديرة. ولكن الثقب الكبير غير القياسي

شكل ٢٨٦



يمكن ان يحسب مؤلفاً من ثقب صغير
كهنه الصفيحة المعدنية التي يمكن ان توهم مثقبة
بعدد غير محدود من ثقب الدبوس فتوهم
المصورة على الحائط مؤلفة من مجموع صور
الشمس هذه كلها مختلطة بعضها مع بعض
ومحدودة بخطوط منحنية لا يحصى عديدها

مؤلفة من دوائر مستقلة كما ترى (شكل ٢٨٦)

ولكن ان كان الحائط او طليحة الورق قريبا من الثقب فهذه الصورة تكون كهيئة الثقب . وذلك لان الشعاع غب مرورها في الثقب يقتضي الحال ان تنفرج انفراجا عظيما قبل ان ترسم دوائر كبيرة يتالف من محاطها المختلطة شكل مستدير

تم ان كان السطح الذي ترسم عليه الصورة غير موازي للثقب تكون الصورة حيثذ هليجية اذ كانت قطع مخروط موروب على محور

قد ترقي احيانا صور للشمس على الارض من الفرجات الصغيرة بين ورق الاشجار . ومدة كسوف الشمس ترسم هذه الصور هيئة الكسوف

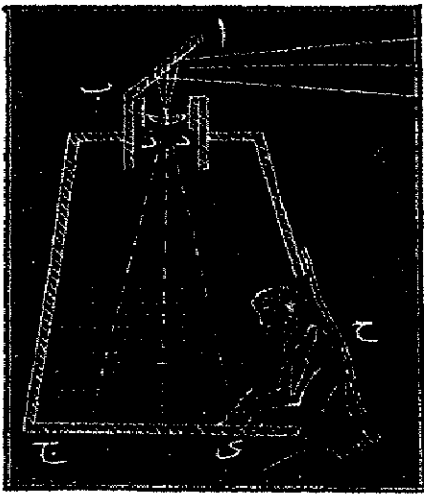
اذا وجد اثقاب مختلفة قريبة بعضها لبعض كما اذا كانت ثلاثة مثلاً منها يدخل نور الشمس الى غرفة مظلمة تلاحظ اولاً على بعد معلوم ثلاثة دوائر منيرة ممنازة . وعلى بعد اعظم هذه الثلاثة دوائر تاخذ تختلط واخيراً بتكبيرها بالكفاية نتحد فتكون دائرة مفردة

تم اذا ادخل عوض جبل من نور الشمس الى غرفة مظلمة من ثقب شبك مثلاً نور منعكس عن اشباح مختلفة خارجاً ترسم على الحائط المقابل صور مقلبة لهذه الاشباح . لانه ما اتضح سابقاً يعرف انه من كل نقطة في الشبح تصدر شعاع لا تحصى من النور وتقع على الشباك . غير انه لا تدخل الثقب الصغيرة الا ما كانت منها قريبة بعضها الى بعض اذ كانت الشعاع الاخر تنفرج الى ابعد مما يقتضي دخولها فيها فلا تخرج اشعة من نقط مختلفة في الشبح في نقطة واحدة في الصورة . وانه لامر ضروري لاجل جلاء الصورة ان الشعاع الصادرة من كل نقطة في الشبح تجتمع في نقط مقابلة فيها وتكون هناك خالصة من مزيج الشعاع من القط الاخرى ولجل لمعان الصورة يجب ان ينبعث قدر ما يمكن من الشعاع من كل نقطة في الشبح الى النقطة المقابلة لها في

الصورة . فجلاء الصورة اذا يقتضي ان تكون الثقب في مصراع الشباك صغيرة
والأ تقع اقلام النور من نقط مختلفة بعضها على بعض فتتلبك الصورة واما
لمعانها فيقتضي تكبير الثقب لدخول شعاع كثيرة ويمكن ان يتمكن ذلك
بتصغير الثقب وتكبيره . فيجب ان يجعل الثقب مناسباً لكلها

٥١ . الخزانة المظلمة . هي على مبدأ الغرفة المظلمة المذكورة وهي آلة

شكل ٢٨٧



مؤلفة من صندوق فارغ مظلم مثل د ذ ج ي
(شكل ٢٨٧) لا يدخل اليه النور الا من
ثقب واحدة مدخل فيها العدسية د ذ لة باب
على جانبيه مغطى بحجاب من قماش اسودح
ومركز عليه مرآة ذات سطح مستو اب . ولانه
لاجل جلاء الصورة يقتضي الامر تصغير الثقب
فتقل الشعاع الداخلة الى الخزانة المذكورة
ويضعف لمعانها حيثئذ توضع العدسية س د

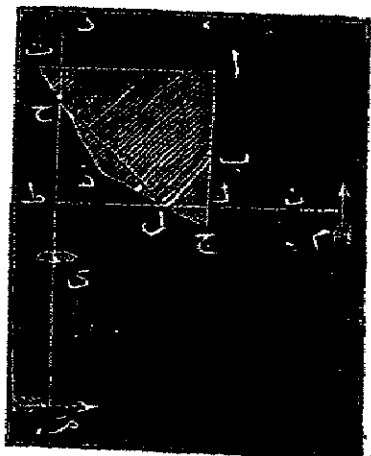
في الثقب فتجتمع الاشعة كأنها آتية من ثقب صغير مع كونها كثيرة وتنبير الصورة
للمصور . والمرآة اب موضوعة مائلة على سطح الافق ٤٥° لكي تعكس الاشعة
الآتية من الاشباح البعيدة وترميها على العدسية التي تجمعها وترميها على ورقة
في قعر الخزانة على بعد مناسب فيرسم المصور بقلمه الصورة التي ترسمها هذه
الشعاع . وهذه الصورة لا بد ان تكون مقلوبة بالنظر الى الصورة في المرآة .
فاذا وقف شخص قبال المرآة اب يرى صورته افقية كما تقدم وهذه تنقلب على
قعر الخزانة بدخول الشعاع اليها وتكسيها بواسطة العدسية . فاذا راجعت
وتاملت في ما قلناه بشأن العين ترى ان العين اشبه شيء بخزانة مظلمة اذ كانت
ذات ثقب يدخل منها النور ويتكسر ويجمع بعدسيات رطوباتها ويرسم الاشباح
الخارجة مقلوبة على قعرها الذي هو شبكيتها كالخزانة المظلمة . وهنا نرى لماذا

حكمة الباري قد اقتضت ايجاد عدسيات في العين لانه اذا كبر ثقب المحدة لدخول نور كافٍ لتبليك الصورة بدون العدسيات ولكن بواسطتها يجمع النور الوافر الآتي من ثقب كبير كانه آت من ثقب صغير فتنبلي الصورة فلا تبليك

وقد تبلى الورقة المرسوم عليها الصورة في قعر الخزانة بمنزج كماوي يتلون باتحاده بالنور فيصنع النور الصورة رأساً بدون قلم المصور . وذلك العمل يقال له الديغروتيب . وبما ان فن الديغروتيب من متعلقات الكيمياء نعرض عن الكلام بشأنه فانظر اليه في آخر فصل النور من كتاب الكيمياء تأليف العلامة فنديك الاميركاني

٥١١ الخزانة النيرة

هي آلة يستعملها المصورون لرسم صورة ارض وما حوته كصورة مدينة او بيت وغير ذلك اخترعها العلامة ولستن . وهي مصنوعة من موشور زجاجي ذي اربعة سطوح تاج ذل زاوية عند 90° وزاوية عند $67\frac{1}{2}^\circ$ وزاوية عند 125° . فلاجل رسم صورة الشج يوضع جانب الموشور ا ج موازياً للشج م فشعة النور الافقية نل لا تنكسر لكونها واقعة عمودية على ا ج ولكنها تستمر مستقيمة في مسيرها الى ان تقع على السطح ج ذ



حيث تجعل معه عند ل زاوية $22\frac{1}{2}^\circ$ متم زاوية ج . فاذا رسمنا عموداً ب على سطح ج ذ تكون زاوية ب ل ك $67\frac{1}{2}^\circ$ وهي اعظم من $41'49''$ زاوية الانكسار الكلي للزجاج فلا تخرج الشعبة كل كما مر (رقم ٤٦١) بل تنعكس الى ح في السطح ت ذ جاعلة زاوية الوقوع ك ل ج - زاوية الانعكاس ح ل ذ فكل منها $22\frac{1}{2}^\circ$ وبما ان

مجموع هاتين الزاويتين ٤٥° فالباقية ن ل ح -١٢٥° . ثم لما كانت ذ مفروضة ١٢٥° و ذ ل ح $-٢٢\frac{1}{2}^\circ$ تكون الباقية ذ ح ل $-٢٢\frac{1}{2}^\circ$ فلا تنفذ الشعـة ل ح بل تنعكس الى د . ولان ت ح د $-٢٢\frac{1}{2}^\circ$ ايضاً لكونها زاوية الانعكاس وتساوي ذ ح ل زاوية الوقوع فزاوية ل ح د -١٢٥° . اخرج د ح الى مـ واخرج ن ل حتى يلاقية في ط فتكون كل من زاويتي ط ل ح و ط ح ل متم $١٢٥^\circ - ٤٥^\circ$ وبالتتبع تكون ح ط ل ٩٠° فيظهر اذا الشج العمودي م للعين عند د على سطح افقي عند مـ على بعد خلف السطح العاكس ت ذ يساوي ح ل + ل م امامه كما لا يخفى مما مر . ولذلك يضعون عدسية محدبة عند د مثلاً لكي تجمع الشعاع وتقرب الصورة مـ . فاذا عمل تدبير للمنشور حتى تكون الشعـة النافذة قريبة جداً من نقطة الزاوية ت فالعين المستقرة عند د تميز الصورة والورقة المرسومة عليها اذ ترى الاولى بالمنشور والثانية بالبصر راساً . وغالباً توضع امام الوجه اج زجاجات ملونة لاجل تلوين نور الشج المقصود رسمه . وهذه الالة الجميلة توضع في علبة ولها ادوات مختلفة لكامل فائدتها غير اننا قصدنا هنا ان نبين المواد الجوهرية لمعرفة مبادئها

٥١٢ المكرب او نظارة التكبير البسيطة

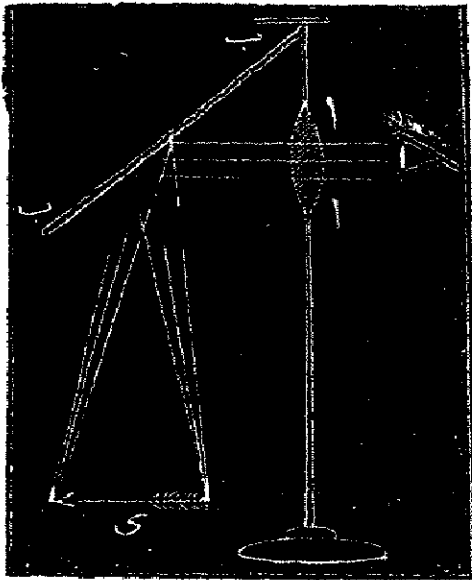
هي آلة لتكبير الاشباح الدقيقة جداً لكي يميزها البصر . فاذا اردنا ان نفحص مجرد العين شجاً دقيقاً على بعد حد البصر منها فالصورة المرسومة على الشبكية صغيرة جداً فلا يشعربها واضحاً . وان قربنا الشج الى العين حتى تصير اقرب من حد البصر تنفرج الشعاع كثيراً فلا تجمع بوراتها على الشبكية ولا يكون البصر جلياً كما مر في العين ولكن ان توسطت عدسية محدبة ذات انحناء مناسب مع كونه اقرب من حد البصر تستطيع العين ان تدرك ذلك الشج الدقيق لوقوع بورات شعاعه حينئذ على الشبكية . ولما كان حد البصر ٨ عقد كما مر فالعدسية التي تربينا اياه على بعد اقل من ٨ عقد توسع

اقطاره وحدوده عما يرى عند حد البصر بنسبة ٨ الى ذلك البعد اي ان وسعة يتغير بالقلب كبعده او مساحة سطحه تتغير بالقلب كبرج بعده . فاذا كان بعد الشئ عن العدسية عقدة مثلاً يكون قد اتسع قطره ٨ مرات او ١/١ عقدة فثانون مرة . وقد اصطنع عدسيات من حجارة كريمة بعد بورتها التي يرى منها الشئ ١/٥٠ من عقدة فقط . فقد يستعمل عدسية محدبة ضمن حلقة من معدن او من قرن حيوان ذات مسكة او عدسيتان معاً او ثلاثة كذلك لاجل تعظيم الاشباح الصغيرة . وتلك ما يقال لها المكرو سكوب البسيطة

٥١٣ زجاجة المرثيات

هذه الآلة نوع من المكرو سكوب البسيطة . وهي مؤلفة (شكل ٢٨٩)

شكل ٢٨٩



من عدسية كبيرة محدبة ومراة مستوية . فالعدسية ١١ موضوعة في عمود او في جانب صندوق قائمة على الافق وخلفها المراة المستوية ب ب مائلة عليه ٤٥° لكي يرى بها الشئ النائم واقفاً . والشئ المرئي ي موضوع افقياً تحت المراة . فاذا كان مجتمع البعد منه الى المراة ومن ثم الى العدسية اقل من بعد البورة الرئيسة للعدسية تظهر الصورة خلف المراة منتصبة مكبرة واذ

كانت الاشباح حول هذا الشئ يحجز دونها الصندوق تظهر الصورة كأنها الشئ الحقيقي

٥١٤ المكرو سكوب او نظارة التكبير المركبة

هي آلة لتكبير الاشباح كالمكرو سكوب البسيطة . واجزاؤها الجوهريّة

عدستان محدبتان احدهما ث ث (شكل ٢٩٠) تسمى زجاجة الشبج والاخرى

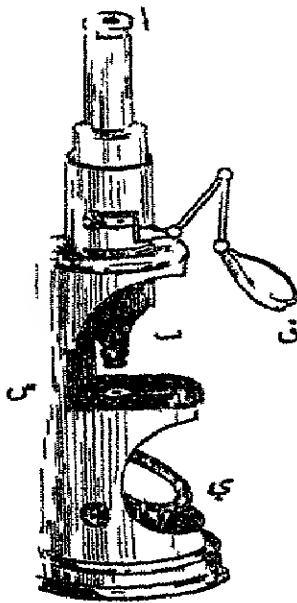
شكل ٢٩٠



ج ح تسمى زجاجة العين. والشبج الصغير اب المطلوب تكبيره يكون على بعد عن ث ث اعظم قليلاً من بعد بورتها الرئيسة فتحصل له بواسطة صورة مكبرة مقلوبة ذ د (رقم ٤٧٦) ثم ان زجاجة العين ج ح توضع بحيث تكون الصورة ذ د اقرب قليلاً اليها من بورتها الرئيسة فتراها العين التي توضع عند م على الجانب التي هي فيه ولكنها تظهر اكبر (رقم ٤٧٥). فيظهر الشبج مكبراً جداً لان زجاجة الشبج جعلت صورته اكبر منه وزجاجة

العين كبرت تلك الصورة فيكون قد تكبر مرتين. فاذا كان قطر الصورة ذ د عشرة اضعاف اب وتُظَرَت عن بعد هو جزء من عشرين من بعد البصر الاعيادي تكون قوة الآلة للتكبير تكبر القطر ٢٠ ضعف او مساحة

شكل ٢٩١



وجهه المنظور ٢٠٠ او ٤٠٠٠ ضعف. وتسمى دائرة الفسحة المنظورة في الميكروسكوب مساحة النظر

في هذا الشكل ترى صورة الميكروسكوب المركبة الدارجة. فان اب الانبوبة المخرنية العدسيات التي ذكرت قبيل هذا. وس العمود لاجل ارتكاز الانبوبة عليه. ود برغي به ترفع الانبوبة او تنزل عند ما يراد توقيع بعد البورة. وي مرآة تعكس نور مصباح او نور الشمس لاجل اضاءة الشبج. وق عدسية محدبة

تستعمل بدل المرآة. وقد تستعمل هذه العدسية لميكروسكوب بسيطة ذات

عدسية واحدة محدبة ويقال لها حينئذٍ المكسكوب الشمسية
٥١٥ اذا قصد اصطناع آلة المكسكوب لكي تكون ذات قوة وافرة
للتكبير فبداعي الخطأ الكروي واللوني تكون الصور غير جلية . ولازالة ذلك
قد استطاعوا آلة مثل التي في هذا الشكل . فان الشبح هو ب وزاجنا
شكل ٢٩٢



الشبح هات و ث وهما عدسيتان مفردتا التحديق كل منهما مؤلف من عدسية
زجاج صواني مفردة التعير واخرى من زجاج صاف مزدوجة التحديق
لاجل ازالة الخطأ اللوني كما مر (رقم ٤٩٥) . وذ منشور قائم لاجل ازالة
التشعاع عن جهة سمية الى جهة افقية بالانعكاس في زاوية الانكسار الكلي .
وي و ن هـ زاجنا العين وجعلنا اثنتين لكي نقصا الخطأ الكروي . والعين
عند ع ترى الشبح ك ما لنا الزاوية بين الخططين المنقطين ل ل

٥١٦ التلسكوب او نظارة التقريب

التلسكوب هي آلة لاجل تقريب الاشباح البعيدة للنظر لكي ترى اوضح
ما ترى بالنظر المجرد . وهي نوعان لان صورة الشبح المنظور اما ان تكون فيها
اولاً بمرآة مقعرة ثم نستعمل مكسكوب بسيطة لاجل نظر الصورة كما اذا كانت
جسماً صغيراً واما ان تصطبوع بعدسية ثم تنظر بعدسية اخرى . ويقال للاولى
تلسكوب الانعكاس وللثانية تلسكوب الانكسار

٥١٧ التلسكوب الفلكية

تظهر مقلوبةً إذ كان قلب صورة الاجرام السماوية لا يضر بمراقبتها
لاستدارتها . وإنما لاقتضاء ظهور صور الاشباح الارضية مقومةً
يلزم ان يضاف عدسيات اخر على الموضوع في النظارة الفلكية
لكي تقوم الصورة الاخيرة . فالتلسكوب المصنوعة هكذا تسمى
تلسكوباً ارضية او نظارة ارضية

في هذا الشكل م ن الشج و ا ب زجاجة الشج و م ن الصورة المقلوبة
اقرب قليلاً من البورة الرئيسة و ذ د زجاجة العين الاولى التي تجعل شعاع كل
شكل ٢٩٤



قلم متوازية غير انها تجمع الاقلام نفسها الى ل . فعوضاً ان توضع العين عند
ل كما في النظارة الفلكية توضع زجاجة عين ثانية ي ف لكي تجمع الاقلام بعد
تقاطعها الى نقطة في صورة اخرى م ن . وهذه الصورة هي مقومة لتقاطع الاقلام
عند ل . وزجاجة العين الثالثة ت ت مكرسكوب بها تكبير الصورة م ن .
والآت كذه تصنع غالباً من مقدار يناسب للحمل ولاجل جعلها انصب للحمل
والنقل تصنع غالباً من انابيب مفترقة تدخل بعضها في بعض دخولاً محكمًا

٥١٩ تلسكوب غليليو

هذه التلسكوب المنسوبة الى غليليو هي اول نوع تلسكوب اخترع اختراعه
العلامة المذكور . ويختلف عن التلسكوب الفلكية الدارجة بكون زجاجة العين
لها عدسية مقعرة . وفي هذا الشكل نتضح كيفية اصطناعها . فان زجاجة الشج

المعدبة بجميع الاشعة م ا م ذالانية من رأس الشج الى نحو م اسفل الصورة
والاشعة من اسفل الشج ن ذ ن ب الى نحو ن رأس الصورة . ولكن قبل ان
شكل ٢٩٥



تصل هذه الاقلام الى نقط بوابها تعترضها العدسية المقعرة تثبت التي تجعل
الشعاع المتجمعة لكل قلم منفردة ثم تاتي الى العين . والشج يظهر عند م ن بالعين
مقوماً لان القلم من رأس الشج لا يزال يظهر آتياً من اعلى والذي من النقطة
السفلى من اسفل . وانما بداعي زيادة انفراج الاقلام العديدة تدخل الوسطى
فقط الى العين ولهذا السبب سباحة النظر محدودة . والشج يظهر اكبر مما هو
بمقدار الخارج من قسمة بعد بورة زجاجة الشج على بعد بورة زجاجة العين
وذلك يتبرهن كما تبرهن في قوات التلسكوب (رقم ٥١٨) . واكثر ما
يستعمل هذا النوع من التلسكوب صغيراً لاجل الحمل في الجيبة والنظر
الى اشباح ارضية كالتي تكون في المراسع عند الحاجة

٥٢٠ تلسكوب الانعكاس

انه في تلسكوب الانعكاس تتكون صورة شج في بورة مرآة مقعرة وتلك الصورة
تكبر بزجاجة العين . وانواع تلسكوب الانعكاس مختلفة نذكر منها نوعاً واحداً
وهو الاكثر استعمالاً وهو الذي يسمى تلسكوب كراكري نسبة الى المعلم كراكري من
سكوتلاندا المخترع الاصلي . فالنور من الجرم السماوي اذ يدخل الانبوبة المفتوحة
اب تثبت (شكل ٢٩٦) يقع على المرآة المقعرة م ي التي تصنع بها صورة مقلوبة م ن
عند البورة الرئيسة وبعد ان تتقاطع اشعة كل قلم عند نقط هذه الصورة تقع على
المرآة المقعرة د د التي الصورة ابعدها قليلاً من بورتها فتصنع صورة ثانية م ن

ابعد من مركز تعبيرها مقلوبة بالنسبة الى الاولى (رقم ٤٥٤) وبالنسبة مقومة باعتبار الشئ. وهذه الصورة الثانية هي في انبوبة العين آ ب ت حيث يكون قد شكل ٢٩٦



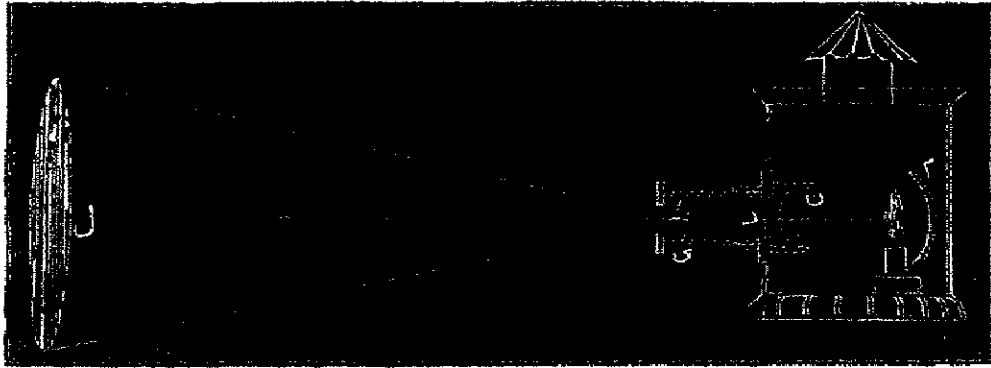
اجتاز النور من ثقب في مركز المرآة الكبيرة. وزجاجة العين لاجل نظر هذه الصورة عند آ ب في طرف الانبوبة الصغيرة. وهربا من الالتباك في الشكل قد رسم اربعة شعاع فقط وهذه الاربعة من مركز الشئ. وهذه بعد ان تنعكس عن ع ي تجتمع عند مركز الصورة الاولى وبعد انعكاسها ثانية عن د د تلتقي عند مركز الصورة الثانية. اما الشعاع من راس الشئ فتدخل الانبوبة وتنعكس الى تحت وتجتمع عند ن اسفل الصورة الاولى ورأس الثانية اذ تجتمع الشعاع من اسفل الشئ عند م في الصورة الاولى وعند ن في الثانية. ولا تعترض المرآة د د دون النظر الى اي جزء من الشئ لان شعاع كل نقطة تشر الى كل جهة غير انها تقص قليلا نور كل نقطة من الصورة

٥٢١ فائدة التلسكوب. قد تقدم (رقم ٤٤٠) ان المرئيات يقل نورها بابتعادها بنسبة زيادة مربع البعد اي كمربع البعد بالقلب وبالنسبة ولئن كانت العين توقع الصورة على الشبكية يضعف انجلاء الاشباح المرئية للبصر. اما التلسكوب مطلقا فلما

كانت زجاجة الشج او المرأة المقعرة فيها تجمع النور فتصغر صورة الشج وزجاجة العين تكبرها حتى يعود مقدارها اكبر من الشج او مساوياً له فمقدار النور الواقع على زجاجة الشج اعظم جداً من الذي يقع على بؤبؤ العين المجرد . وبذلك يزداد كثيراً لمعان الاشباح فتصير اوضح مما كانت فكانها قَرِبت او قل بعدها ولذلك سمينا هذه الالة بنظارة التقريب

٥٢٢ فانوس الساحر . هو آلة بها تكبير صور اشباح مصورة على لوح زجاج بمواد ملونة شفافة

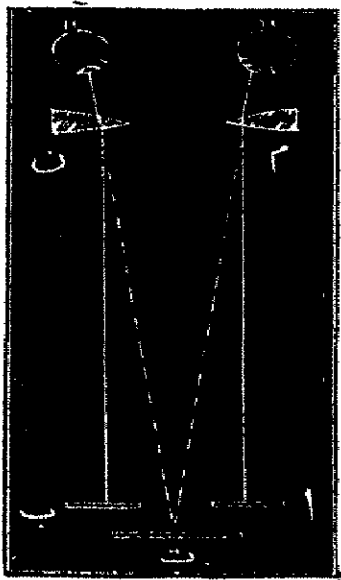
هذا الشكل يري الفانوس فيه سطح صفيح من فضة م يعكس الشعاع
شكل ٢٩٧



وعدسية مضاعفة التحديب ن والعدسية والسطح الفضة موضوعان بحيث نور مصباح يقع في بورتها المشتركة . فهذا التدير حبل كثيف من الشعاع المتوازية ترتقي على اللوح الزجاج المدخل في الكوة د . والاشكال على هذا اللوح مصورة باصماغ مختلفة ملونة شفافة ترخص للنور ان يجناز فيها بسهولة . وامام اللوح نوضع عدسية محدبة ه على بعد من د اعظم قليلاً من بعد بورتها الرئيسة

وبواسطة هذه العدسية تحصل على الحائط صورة مقلوبة لصورة اللوح. فلذلك يقتضي ان تدخل صورة اللوح مقلوبة لكي تقوم على الحائط. وبموجب (رقم ٤٧٦) قطر الصورة التي تكونت على الحائط ل تزيد قطر التصوير على اللوح الزجاج بنسبة بعدها عن ي ومن حيث ان الاولى تكون ابعد من الثانية عن ي اضعافاً عديدة فهي اكبر جداً منها وبالضرورة يقل نورها بهذه النسبة. ولذلك يشعل مصباح قوي النور ما امكن ويجمع نوره بواسطة السطح الفضة المتعرج والعدسية المحدبة بين المصباح ولوح الزجاج. وهذه الآلة تشبه المكرسكوب مشابهة كلية قتامل. وهي تستعمل لاجل التسلية ولايضاح بعض اصول العلوم

٥٢٢ الستيريوسكوب. هذه اللفظة يونانية معناها نظرا لجسمات وهي اسم لآلة ترى فيها الصور المسطحة مجسمة. ولايضاحها نقول ان صورتني شبح في العينين ولئن تكونا دائماً متشابهتين ليستا غالباً متطابقتين تماماً. بل تكونان كذلك فقط حينما يكون الشبح سطحاً بسيطاً مستوياً كتصويره. وانما متى كان الشبح ذا سطحين او اكثر فالصورتان في العينين تختلفان. ويمكن ان يتبين ذلك بهذه التجربة وهي امسك بيدك كتاباً واجعله قائماً امام عينيك ظهره متجه الى نحوك فترى الظهر وكلا الجانبين. فان غمضت حينئذ عينك اليمنى ترى باليسرى ظهر الكتاب والجانب الايسر اي ان هذين الجزئين من الكتاب يرسمان على شبكية العين اليسرى. ثم بتغميض العين اليسرى يظهر ان الصورة في اليمنى مختلفة لانك ترى حينئذ مع ظهر الكتاب الجانب الايمن منه. فبناءً على ذلك اخترعت الستيريوسكوب. وهي مولفة من



الايمن منه. فبناءً على ذلك اخترعت الستيريوسكوب. وهي مولفة من

علبة لاجل وضع صورتين فيها وزوج من الزجاجات المكسرة النور لاجل نظر
الصورتين. اما الصورتان فكلهما صورة شبح واحد غير ان الصورة عن اليمين
مصورة كما تراها العين اليمنى . والتي عن اليسار مصورة كما تظهر للعين
اليسرى. اما الزجاجات المشار اليها وهما من (شكل ٢٩٨) فكل منهما منشور
رقيق محكوك حتى يصير سطحه منحنيًا لكي يقوم مقام عدسية . وهما موضوعان
بحيث زاويتا الانكسار لهما احدهما قبال الاخرى. فاذا مرَّت شعاع من صورة
عند ا في المنشور م تصل الى العين كأنها اتية من ت اذ تصل الشعاع من
الصورة الثانية عند ب بعد مرورها في المنشور ن الى العين كأنها اتت من ت
وهكذا شعاع كلا الصورتين يصلان الى العينين كأنهما اتيا من صورة واحدة
هي في منتصف البعد بين الصورتين وكل من العينين ترى ما تراه من الجوانب
لو كانت الصورة مجسمة فيظهر الشبح للناظر مجسمًا . وفائدة هذه الآلة انها
توضح للنظر مجسمًا تصور على سطح كورق لا يمكن ان يرسم عليه الجسم تمامًا

الفصل السابع

في تشرف النور والسطوح المخططة والصفائح الرقيقة

٥٢٤ اذا دخل حبل من النور الى غرفة مظلمة من ثقب في
شباك فيه عدسية تخنار عظيمة التحديب لتكون بورتها قريبة تجمع
الاشعة فتتقاطع في بورتها وتصبح حزمة منفرجة ثم اذا ادخلنا في
هذه الحزمة جسمًا مظلمًا كشفرة سكين مثلاً ولاحظنا الظل الذي

يرمي على سطح ابيض كورق نشاهد على جانبي الظل شرافات او
طرر من نور ملون الوانة الوان الطيف وعلى ترتيبها . ويلاحظ
غالبا ثلاثة او اربعة شرافات اذ تكون القربى الى الظل الاكل
والاوضح والبعدى اقل واضعف الوانا . وذلك ما يقال له تشرف
النور . وهذا التشرف لا يتوقف على كثافة او سمك الجسم الذي
يرمي الظل . لان النور يمرور على حد السكين يتاثر كما يمر على متنه
وعلى قطعة من رخام كما على صفيحة رقيقة من الهواء محصورة في
الزجاج . واذا ادخلنا الى الغرفة المظلمة المذكورة نور لون
واحد عوضا عن النور الابيض بوضع لوح من زجاج له لون
امام ثقبها او بارسال احد الوان الطيف الى داخلها ترى
الشرافات حينئذ من ذلك اللون فقط احداها تفرق عن
الآخرى بخطوط اعتم منها . وعند قياس عرض وبعد شرافات
مختلفة يرى ان شرافات الاحمر هي الاعرض والتي للبنفسجي
هي الاضيق وعرض شرافات بقية الوان الطيف بحسب رتبته .
وهذه الظواهر تحصل بدخول النور في اثقاب صغيرة غير انها
تكون مختلفة الهيئة . فاذا عرضنا صفيحة من رصاص فيها ثقب
دبوس امام مخروط النور الداخل الى الغرفة المشار اليها وجعلنا
تلك الحزمة الرفيعة من النور المارة بثقب الصفيحة المذكورة تقع

على نظارة معظمة فالثقب يرى دائرة مضيئة محاطة بعدة حلقات
 كل منها مؤلف من ألوان الطيف . وهذه الحلقات بالحقيقة هي
 الشرافات التي تكونت بواسطة حد الثقب المستدير غير ان
 حدودها المتقابلة احدها قريب جداً الى الآخر . فان أزيلت هذه
 الصفيحة وعُرِضت اخرى لها ثقباً دبوس البعد بينها اقل من ثمن
 عقدة فاعدا الحلقات المستديرة الملونة حول كل من حزمتي الاشعة
 على سطح الورق المقابل يظهر خطوط مستطيلة تقطع الفسحة بين
 الثقبين وهذه الخطوط مستقيمة تقريباً ومضيئة ومظلمة بالتبادل
 وتختلف لونا بحسب بعدها عن الخط الاوسط . وهذه الخطوط
 نتيجة وقوع احدى حزمتي النور على الآخر ليس الا لانه عند
 تغطية احد الثقبين تخفى كلياً . وباصطناع اثقاب مستديرة وشقوق
 ضيقة على هيئات مختلفة في صفيحة الرصاص تحصل اشكال جميلة
 لامعة جداً . وعلة هذه النتائج ان النور بوقوعه على حواف المواد
 ينعكس قليلاً فينكسر في الهواء وبالا انكسار ينحل الى ألوان الطيف .
 واما عدم ظهور هذه النتيجة دائماً بمرور النور على حواف الاجسام
 فلرجوع الالوان المنحلة بيضاء باختلاطها بالانوار الغريبة . ودليله
 انه اذا اتفق ان تكون الشعاع المارة على حواف الاجسام نقية من
 الالوان الغريبة كما اذا نظرنا الى سقف خص قز مظلم واقع عليه

نور الشمس ونافذ في ثقوبه وشقوقه نشاهد ألوان الطيف واضحاً. وإيضاً تظهر هذه النتيجة بالنظر إلى مصباح بعيد من خلال نسيج ريشة طير. فيرى عدة صفوف من صور ملونة على ترتيب يثبت بثبوت الريشة ويدور بإدارتها

٥٢٥ السطوح المخططة. إذا خُطِّطت سطوح مادة ما بجفر خطوط متوازية ٢٠٠٠ خط أو أكثر لكل عقدة تعكس ألواناً لامعة إذا وضعت في شعاع الشمس. فإن عِرْق اللؤلؤ وهو صدف اللؤلؤ وأنواع كثيرة من الصدف البحرية تظهر ملونة لكثرة الخطوط الدقيقة في سطوحها. وهذه الخطوط هي الحدود الدقيقة للمادة الشفافة التي تتألف منها الصدفة والتي تبرز على السطح بخطوط دقيقة قريبة من التوازي. والذي يؤكد أن اللون ينتج عن السبب المذكور حصول ألوان المادة الملونة على سطح مادة لزجة إذا كُبِسَت المادة عليه. وبهذه الطريقة اكتشف العلامة ولستن العلة الحقيقية لألوان كهنه. وألوان المتغيرة في ريش بعض الطيور وأجنحة بعض الهوام ناتجة أيضاً عن تخطيط سطوحها. ويمكن أن تصنع المعادن لامعة جداً بضربها بطابع من فولاذ يخطط أولاً بماسة مروسة تُجَرُّ على حد مسطرة بخطوط من ٢٠٠٠ إلى ١٠٠٠٠ لكل عقدة. والأضرار المذهبة وأدوات أخرى

للملبوس تستحضر أحياناً على هذا الأسلوب وتسمى بالحليّ الطيفية. ولما كان اللون يختلف باختلاف البعد بين المخطوط وميل شعاع النور فقد يعكس نفس السطح المخطط على الأسلوب المذكور كل الألوان وكل لون مراراً كثيرة بمجرد تغيير ميله على شعاع النور

٥٢٦ الصفائح الرقيقة. إذا تحول سمك مادة شفافة إلى أجزاء من مليون من العقدة تعكس ألواناً برّاقة تتغير بحسب تغير السمك. وأمثلة ذلك الصفائح الرقيقة من الهواء الشاغلة شقوقاً في الزجاج والجليد والخلال بين صفائح الميكال. وكذلك القشور الرقيقة من الزيت على وجه الماء والكحول على الزجاج ولكن بنوع جلي في رغوة الصابون التي تُنفخ حتى تصير ذات فقائيع رقيقة جداً. وإذا وضعت عدسية قليلة التحديق على زجاجة متوازية السطوح وانكسب الاثنان معاً بمرغ ووقع عليها نورٌ من كوةٍ تشاهد حلقات ملوّنة مصطفة حول نقطة المماس في الصفائح الرقيقة من الهواء. والحلقات الأقصر قطراً منها هي الأوسع والألّمع وكل منها تحوي ألوان الطيف بترتيبها من البنفسجي على الحد الداخل إلى الأحمر على الخارج. وأما الحلقات الكبرى فليست تصير اضيق وأقل لمعاناً فقط بل تحوي أقلّ ألوان مع بقاء الألوان على ترتيب الطيف. وازدياد الكيس يسبب اتساع الحلقات إذ تكون حلقات جديدة

عند المركز وهذه تسع أيضاً حتى يصير المركز مظلماً ولا تعود تكون حلقات جديدة وهذه الحلقات تسمى غالباً حلقات نيوتن لانه أول من بحث عن امرها

الفصل الثامن

في الانكسار المزدوج والاستقطاب

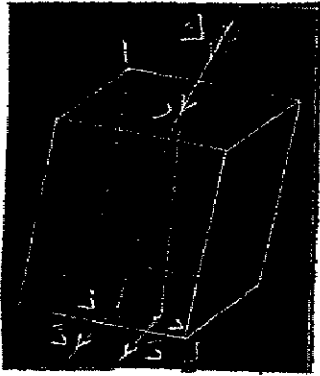
٥٢٧ الانكسار المزدوج . ان كثيراً من المواد الشفافة وخصوصاً المتبلورة عوضاً ان تكسر شعاع النور بموجب الطريقة الاعيادية تقسمها الى قسمين . وذلك ما يسمى بالانكسار المزدوج ويقال للمواد التي تكسرهما هكذا المواد ذات الانكسار المزدوج واشهر هذه المواد كربونات الكلس التي تسمى البلورات الايسلاندية وهيئتها (شكل ٢٩٩) شكل متوازي

شكل ٢٩٩



السطوح لستة اوجه هي مستطيلات فاذا وضعت احدى البلورات المذكورة على سطر كتابة مثلاً يظهر السطر الواحد اثنين واحدى الصورتين مفترقة عن الاخرى واقرب الى العين

٥٢٨ الشعبة الاعنيادية وغير الاعنيادية . لنفرض عوض ان ننظر الى سطر الكتابة او اشباح اخر في البلورة ان حبل الشعاع ك ر (شكل ٢٠٠) وقع عليها . فعند دخوله ينقسم الى ر ذ ورد وبعد النفوذ يخرج حبلين مفترقين



ذ ذ ود د احدها يوازي الاخر وكلاهما يوازيان الشعبة الواقعة رك . واحدها ر ذ يجري على الناموس الاعنيادي للانكسار اذ يبقى في سطح الوقوع وعلى

نسبة واحدة بين جيب الوقوع وجيب الانكسار في كل الاميال ولذلك يقال له الشعبة الاعنيادية . والاخر ر ذ يبعد عن سطح الوقوع في اكثر الاحوال ولا يبقى على نسبة واحدة بين جيب الوقوع والانكسار له ولهذا يقال له الشعبة غير الاعنيادية

٥٢٩ محور البلورات . انه يوجد جهة واحدة يمر فيها النور اذ يخترق البلورة بدون ان ينكسر انكساراً مزدوجاً بل انكساراً مفرداً . وتلك الجهة يدل عليها بالخط ال الذي يوصل بين الزاويتين المنفرجتين ويقال لهذا الخط محور البلورة . وكذلك اذا دخلت الشعبة في اي نقطة من عندها تميل بالانكسار حتى تصير متوازية لخط ال تنكسر انكساراً مفرداً كما في سائر المواد الشفافة

عندي هي كما اذا كان اس حبلاً من نور اعني ادي . واذا اديرت
 ن ف تاخذ الشعاع عندي ان تتناقص كثافتها حتى تصل الى
 ادني درجة عندما يكون السطح اس ي عمودياً على السطح راس
 كالوضع المدلول عليه في (شكل ٢٠١) . وبداومة الادارة نجد
 الكثافة تتزايد في الربع الثاني من الدوران الى ان تصل الى معظمها
 عندما يتطابق سطح الوقوع ايضاً في نهاية ١٨٠° عن الموقع الأول .
 وفي النصف الثاني من الدوران تتغير الكثافة كما في الاول اي تضعف
 ثم تتزايد . ثم لان النور هو في اقل كثافة عندما يكون سطح الوقوع
 احدها عمودياً على الاخر فاذا توهنا ككرة مركزها س ونصف
 قطرها س ي فقطباً دائرة السطح الواحد ي وما يقابلها حيثئذ في
 محيط دائرة الاخر ولذلك يقال ان النور قد استقطب

٥٢٢ زوايا الاستقطاب . ان زاوية الاستقطاب للزجاج
 هي ٧٥° ليس لان الزجاج لا يستقطب فيه النور بزاوية وقوع اخرى
 ولكن لانه في سائر الزوايا يكون استقطاب النور بدرجة ادنى اي
 انه بادارة المحلل يكون تغير الكثافة اقل والنور عندي لا يصير
 ضعيفاً بمقدار ضعيف في الزاوية المذكورة . ثم انه باختلاف المواد
 تختلف زوايا الاستقطاب وقد عرف انه لقوة الانكسار مدخل في
 ذلك حتى تحسب زاوية الاستقطاب لاي مادة كانت من معرفة

دليل الانكسار لها وبالعكس . ومن ذلك يمكننا ان نعرف قوة الانكسار لاجسام مظلمة . ثم انه لا مادة يستقطب بها النور الواقع عليها تماماً ولو عند زاوية الاستقطاب . والاستقطاب التام لشعة اس هو ملاحظة س ي تماماً عند نقطتين متقابلتين من دورانيها ومن الجهة الاخرى كل مادة لا بد ان يستقطب بها النور المنعكس عنها شيئاً . اما الاستقطاب الناتج من الانعكاس عن المعادن فطفيف جداً ولذلك لا يظهر الاستقطاب بالمرأيا لان النور ينعكس عن الزئبق فيها وليس عن الزجاج

٥٣٣ استقطاب الانكسار. النور يستقطب ايضاً في نضد صفائح من مادة شفافة على زاوية وقوع تساوي زاوية الاستقطاب له. فاذا وضع النضد من ثلاثين صفيحة من زجاج شفاف رقيقة جداً مكان ا ووضع المحلل س (شكل ٢٠١) ونفذ فيها حبل من نور الى نحو س فعند دخوله وخروجه من النضد الموضوع كما في الشكل اذ تكون زاوية الوقوع وزاوية الانكسار في سطح افقي بطراً على حبل الشعاع التغير الذي حدث في استقطاب الانعكاس نفسه غير ان اماكن الكثافة العظي والدنيا تنقلب . فان انعكس النور عن س في السطح الذي فيه انكسر في ا فهو في كنفته الدنيا وفي كنفته العظي اذا انعكس عن سطح عمودي على الذي انكسر فيه كما عني

في الشكل المذكور

٥٢٤ وقد يستقطب النور أيضاً في بلورات خصوصية. فكل بلورة تكسر النور انكساراً مزدوجاً تستقطب فيها الشعلة الاعتيادية وغير الاعتيادية. فان قطعت صفيحة رقيقة من بلورة من التورملين بسطوح توازي محورها فقبل الشعاع النافذ فيها يستقطب وحينما يقع على المحلل يصير لامعاً وضعيفاً بالتبادل ما دامت تدار انبوبة المحلل. وان مرَّ حبل من شعاع في بلورة ذات انكسار مزدوج ووقع كلا جزئيه على صفيحة المحلل يصير كلُّ منهما الى معظم وإلى اقل لامعته عند الارباع المتبادلة. بل حينما تكون شعة في معظم لمعانها ثلاثي الأخرى. فالشعتان الاثنتان اذن اللتان تنفذان من بورة ذات انكسار مزدوج تستقطبان تماماً وهما في سطحين احدهما عمودي على الآخر

ويصح ان يوضع نضد من صفايح زجاج موضع المحلل س كما يصح وضعه مكان المستقطب الا انه بادارته حيث مع كون حبل الشعاع النافذ يبقى في مكانه عينه يضيء الى معظم كثافته ويضعف الى ان يصل الى اقلها

كذلك اذا مرَّ نور في بلورة تورملين ووقع على بلورة ثانية محورها البلوري متوازي لمحور الاولى فالشعة تنفذ منها ايضاً وان

اديرت الثانية في سطحها فالشعة النافذة تنناقص الى ان تقترب الى الملاشاة عندما يصير محور الثانية على ميل 60° على محور الاولى ثم تضي ثم تضعف بالتبادل في الارباع الباقية من الدائرة (انظر الكيميا تاليف العلامة فان ذيك وجه ٢١ سطر ١١)

٥٣٥ اخيراً ضع بلورة ذات انكسار مزدوج عند كل من طرفي الة الاستقطاب او البولاريسكوب واجعل حبلاً من الشعاع ينفذ فيها ويقع على سطح ايض كسطح كرتونة فالبلورة الاولى تستقطب كل شعة والثانية تكسر كل شعة انكساراً مزدوجاً وايضا تحللها فتظهر بها سلسلة تغيرات مبهجة جداً . فتظهر غالباً اربع شعاعات من البلورة الثانية جاعلة اربع بقع منيرة على السطح . ولكن عند ادارة الانبوبة الشعاع الاربع تاخذ بالدوران بعضها حول بعض وليس ذلك فقط ولكن اثنتان منها تاخذان بالمعان والاثنتان الاخريان تنقصان كازدياد الاوليين حتى تبان اثنتان فقط عند معظم كثافتها . فعند نهاية الربع الثاني البقع التي كانت قبلاً غير ظاهرة تصير الى معظم لمعانها والاخرى تنطفي . وهذا التبادل يدوم ما دامت البلورة تدار . وفي منتصف كل ربع يتساوى لمعان الاربعة

الفصل التاسع

في قولي النور

٥٢٦ عند الكلام على النور في بداية هذا الباب ذكرنا لماهيته قولين قالهما فئتان من الفلاسفة ولا بأس من مراجعتها لاجل ايضاحها واظهار ترجيح الثاني

القول الاول ان النور مادة لطيفة تنتشر من الاجسام المنيرة الى كل الجهات على خطوط مستقيمة بسرعة فائقة جداً وسرعته كما مر (رقم ٤٢٩) = ١٩٢٠٠٠ ميل كل ثانية

القول الثاني انه حاسية يحدثها نقر تموج مادة لطيفة مرنة مألوفة الفضاء تُعرف بالايثير على عصب البصر

اما القول الثاني فهو المعول عليه عند جمهور الطبيعيين الآن لقيام ادلة ترجحة على الاول . وقبل تبين ارجحيته عليه نوضح حقيقة بثلاث قضايا
(١) امواج النور تسير في الاثير ١٩٢٠٠٠ ميل في الثانية لانه ان كانت هذه السرعة سرعة النور فلا بد ان تكون معدل السرعة التي بها تنبعث الامواج في الاثير

(٢) جواهر الاثير تتموج عمودياً على خط الشعاع في كل الجهات فان نظر شخص نجماً في السميت يجب ان يُعتبر كل جوهر من الاثيريين

النجم وعينيه يتموج قاطعاً الخط السمتي في كل الجهات الافقية شمالاً وجنوباً وغرباً وفي خطوط لا تخص بين هؤلاء

(٢) سرعة التموج تختلف باختلاف الالوان فتموج احمر الالوان السبعة هو الابطأ والبنفسجي هو الاسرع وتموج والالوان الاخر بسرعات متوسطة بينها . فالالوان القزحية تشبه ابراج السلم الموسيقي في عددها وتفاوت سرعات تموجاتها والنور الابيض هو كجميع الابراج السبعة للاذن . وفي الاثير تموجات ابطأ من تموجات النور الاحمر واخرى اسرع من تموجات النور البنفسجي ولكنها لم تكن لتؤثر بالبصر . اما الاولى وهي الحرارة فتؤثر بحاسية اللمس واما الثانية فتصدر عنها نتائج كيمياوية

٥٣٧ المعارضة بمرأتين . من القضايا التي ترجح القول الثاني

وهو الحكم بكون النور مادة متموجة معارضة اشعة النور بعضها بعضاً بمرأتين

خذ سطحين يعكسان النور كمرأتين واجعل ميل احدهما على الاخرى زاوية منفرجة جداً (شكل ٢٠٢) واجعل حبلاً من النور ان يقع عليهما وينعكس

شكل ٢٠٢



عنها الى سطح ابيض كسطح كرتونه فالخزمتان المنعكستان عن المرأتين احدها تعارض الاخرى وتعلان خطوطاً لامعة ومظلمة . ويعمل عن ذلك بموجب القول الثاني تعليلاً مقبولاً للعقل وهوان النور اذا عارضت تموجاته

الى كل الجهات ويصح ذلك في الجزء الاخر من الثقب قرب ت . لتكن د نقطة على جانب الحبل بحيث يكون الفرق بين

شكل ٢٠٢



البعد بين ت د وت د نصف موجة من اللون المدخل فاذا يجتمع وجهان متقابلان هناك تكون د نقطة مظلمة . ثم لتكن ج نقطة ابعد عن الحبل حيث ت ج - ث ج يساوي طول موجة فتكون نقطة ج منيرة اذ يلتقي وجهان متشابهان في تلك النقطة . وهذا التبادل يتكرر مرات قليلة حتي تجمع النقط المنيرة ونصف . وان جعل

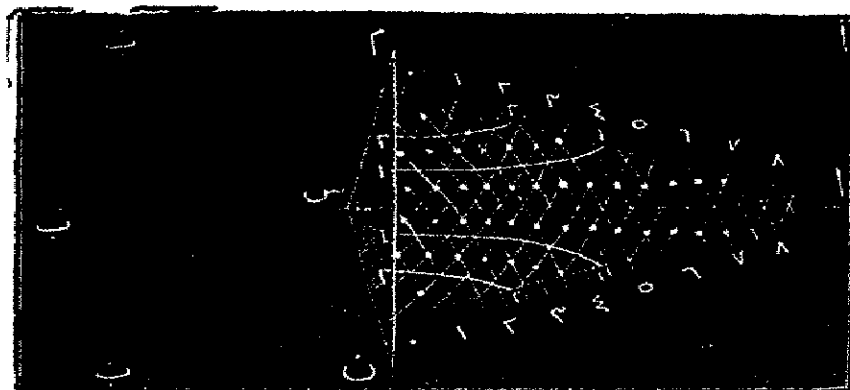
الثقب اضيق فواضح ان الفسحات المتوسطة ح د د ج الخ لا بد ان تطول لكي تبقى ت د - ث د متساوية نصف موجة وت ج - ث ج تساوي موجة . فالنور البنفسجي يجعل خطوطاً اضيق والاحمر خطوطاً اوسع وذلك دليل كما مر على كون موجة اللون البنفسجي اضيق لما لا يخفى . واما النور الابيض فينتج عنه شرافات طيفية كل منها مركب من الالوان السبعة كما مر . وان ازيل الجانب الايمن من الحاجزات حتي يمر النور على طرف واحد ث تبقى الشرافات غير انها تختلف نوعاً

٥٢٩ معارضة النور بمنشور زجاجي . اذا وقع النور على سطحي منشور زجاجي بينها زاوية منفرجة جداً يظهر صفوف من النقط السود والبيض ايضاً وذلك دليل ايضاً على تموج النور

مثال ليدخل نور الشمس الى غرفة مظلمة من ثقب مدخل فيه عدسية محدبة ذات بورة قريبة ولتكن البورة ب (شكل ٢٠٤) وليكن م س ن منشوراً ذا زاوية منفرجة جداً عند م س فالشعاع المنتشرة من ب الواقعة على سطح م س تنكسر كأنها صادرة من ب اذ تنكسر الشعاع من ب الواقعة على م س ن

كأنها صادرة من ب. فالنقطتان ب و ب يصح ان تحسبا مركزين لنظامي امواج منتشرين كأنهما صادران من ب و ب فتعاض امواج النقطة الواحدة امواج الاخرى وتتقاطعان. ارسم من هاتين النقطتين كمركزين اقواساً مستديرة

شكل ٣٠٤



٤٢٢١ الخ لكي تدل كل فسحة بين قوسين متوازيين منها على موجة . ثم ارسم بين كل اثنتين منها اقواساً فتنصف الامواج فاذا التقى موجتان كاملتان او نصفاً موجتين تزيد احدهما اناة الاخرى فيحصل من ذلك صفوف نقط متباعدة كما يدل عليها بالخطوط البيضاء ٢٢١١ . ولكن ان صار تقاطع عند النقط حيث الموجتان في جهتين متقابلتين تعارض احدي الموجتين الاخرى فتزيل انايتها ويحصل صفوف نقط سود كما يدل عليها بالنقط البيضاء . فان عملت هذه التجربة بنور بنفسجي ووضع حاجر عند الحصول صفوف بقع صغيرة بنفسجية وسود بالتبادل . وان عملت بنور احمر يحصل صفوف بقع حمر وسود غير ان البقع في النور البنفسجي تكون اضيق من التي في الاحمر وذلك دليل على ان امواج البنفسجي اضيق من امواج الاحمر . ولذلك فحكم انها اسرع في سيرها اذ كانت هذه وتلك نقطتان مسافة واحدة في وقت واحد . اما بقع بقية الوان الطيف فتظهر صفوفاً لامعة وسود سعة الواحدة منها بين سعتي التي للاحمر والتي للبنفسجي . واذا عملت التجربة في النور الابيض تظهر عند

ابقعة بيضاء ولها هذب احمر ثم بعدها بقع سوداء ثم بعدها بقع منيرة هديها
احمر ووسطها بنفسجي وما بعد ذلك بقع سوداء وما بعدها بقع منيرة هديها
احمر ووسطها بنفسجي وهلم جرا

٥٤٠ ازالة التموج بالاستقطاب . يمكن ان يعلل عن
الاستقطاب بموجب حكم التموج تعليلاً مقبولاً وهو ان النور الذي
يتوج في كل الجهات كما مر اذا انعكس سواء كان انعكاسه عن
المستقطب او عن المحلل فتلك التموجات منه التي هي في سطح
الوقوع تضعف كثيراً او قليلاً اذ لا تثار تلك التي هي عمودية على
ذلك السطح

ولا يصح ذلك لنفرض (شكل ٢٠١) ان ا و س مستقطبين تامين
حتى ان التموج في سطح الوقوع يتلاشى كلياً . ففي خط د ا جواهر الاثير
تموج معارضة له افقياً وسمتياً واذ كان سطح الوقوع راس افقياً فالجواهر في
خط ا س تبقى تموج سمتياً فقط لان التموجات الافقية اذ كانت في سطح
الوقوع تتلاشى لمصادمتها السطح العاكس نحرًا . ثم ليوضع السطح س بحيث
يعكس افقياً فالنور لا يضعف بهذا الانعكاس لانه لا تموجات افقية لتتلاشى
حينئذ . ولكن ليدرس ليعكس سمتياً اي الى فوق فلا يتاقي الانعكاس
حينئذ اذ كل التموجات الباقية في ا س في السطح السمتي الذي هو سطح
الوقوع فتتلاشى التموجات السمتية عند س بنفس السبب الذي بو تلاشت
التموجات الافقية عند ا . وبمثل هذا التعليل يعلل عن استقطاب الانكسار
لان النور بدخوله بين سطحين قريبين جداً في بلورة ايسلاندية مثلاً نصير
تموجاته في سطح واحد ثم اذا مر في بلورة اخرى في سطح يطابق السطح الاول

الذي نفذ منه فتموجاته تجنازه وان عارض السطح الثاني الاول فلا لانه
يعارض حينئذ تموجات النور
فالقضايا التي ذكرت اذ كانت لا يعال عنها تعليلًا مقبولًا للعقل الا
بمقتضى تموج النور ترجح لنا كون النور مادة اثيرية متموجة وان تموج هذه
المادة سبب للاشعار بالنور وبالايشاء المرئية والحرارة



الباب الحادي عشر

في الحرارة وفيه اربعة فصول

الفصل الاول

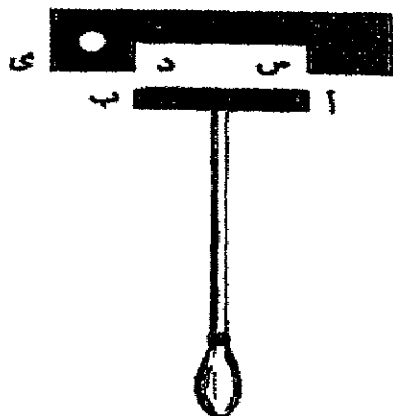
في الامتداد والثرمو متر

٥٤١ الحرارة هي تموج في الاثير ابطاً من تموج اي لون كان من اللون الطيف . وهي احدى الاشياء الاربعة التي لا يشعر لها بثقل اذ لا توزن وهي الكهربائية والمغناطيسية والنور والحرارة . وزيادتها تؤثر باللمس وتصدر عنها مسببات اخر في المواد كما سيأتي

كل الاجسام سائلة كانت جامدة ام سائلة ام غازية يتمدد حجمها بزيادة الحرارة

فان اخذنا قضيباً من حديد اب حتى يدخل بحرارته الاعنيادية في س ل وقطره يدخل في الثقب في فاذا احي الحديد اب بطول حتى لا يعود

شكل ٣٠٤

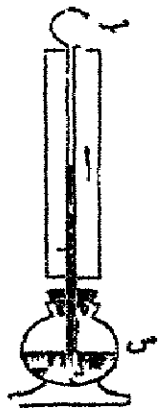


يحتاج في س د ويثنى حتى لا يعود يدخل
في ي . ثم اذا برد يعود يدخل ايضاً
كالأول

٥٤٣ اذا ملي بلبوس زجاجي
متصل به انبوبة صغيرة بسائل مرن
او غير مرن واحي يصعد السائل في
الانبوبة لتمدده بالحرارة

خذ انبوبة طويلة (شكل ٣٠٥) لها بلبوس زجاج ب في طرف واحد
والطرف الآخر مفتوح ومغطس في وعاء زجاجي يحوي سائلاً ملوناً . فاذا
احي البلبوس تمدد الهواء فيخرج جانب منه ثم اذا برد

شكل ٣٠٥



يتقلص فيصعد السائل في الانبوبة . فحجم الاجسام اذا
يتوقف على درجة حرارتها . فقب ميزان اذا كان
طوله ذراع في الصيف فهو اقل من ذراع في الشتاء .
والوعاء الذي يسع قنطاراً من الزيت في الشتاء يسع
اكثراً من قنطار في الصيف . وبموجب هذا الناموس
شي الكسنا يقتضي نغز جزء من قشرة كل واحدة منه

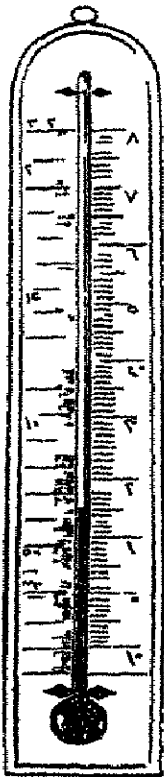
قبل وضعها في النار والأيسع الهواء داخلها بجمرة النار فيشتق الكسنا لضيق
الحل ويخرج بفرقة قوية وينثر معه النار والرماد واحياناً يحصل من ذلك
ضرر بليغ بحرق الاثاث الثمين وقس على ما ذكر ما لم يذكر

٥٤١ قياس درجة الحرارة . ان امتداد الجسم بناءً على ما تقدم
يصح ان يستخدم لقياس درجة حرارته . والالات التي تدل على
درجة حرارة الاجسام تسمى ثرمومترات . فالثرمومترات تصطنع

من مواد جامدة او سائلة او غازية. والمادة الأكثر استعمالاً للترمومتر هي الزئبق. والترمومتر الزئبقي مؤلف من انبوبة زجاجية شعرية في طرفها الواحد بلبوس صغير رقيق واللبوس وجانب من الانبوبة مملوءان زئبقاً

الزجاج والزئبق كلاهما يتمددان بزيادة الحرارة فان تمدد المادتان بالسوية فعمود الزئبق في الانبوبة لا يصعد ولا يهبط بتغير درجة الحرارة اذ يزداد حجم الزئبق كازدياد سعة البلبوس. ولكن امتداد الزئبق هو سبعة اضعاف امتداد الزجاج فان أحيى البلبوس يصعد الزئبق في الانبوبة وان برّد يهبط

شكل ٢٠٦



٥٤٢ الترمومتر او ميزان الحرارة. لكي

يكون الترمومتر مناسباً لقياس درجة الحرارة يجب ان يتصل بالانبوبة مقياس فدرجنا الحرارة الاعلى والاطى هما درجة الماء الغالي والجليد المذوّب ويقال للاولى درجة الغليان وللثانية درجة التجلّد. ففي ترمومتر فهرنهايت علامة الاولى ٢١٢ وعلامة الاخرى ٣٢ وما بينهما مقسوم الى ١٨٠ قسماً متساوية ويقال لهذه الاقسام درجات وفوق الاولى وتحت الثانية تبقى الدرجات متساوية لما بينها.

وهذا المقياس استخدم نحو سنة ١٧٢٠ وصفر المقياس وضع عند 22° تحت درجة التجلد لان هذه الدرجة هي الابرد ما يكون التي استطاع فهرنهايت ان يصل اليها بمنزج مجلد وقد ظن انها الدرجة العظمي للبرودة التي تحدث في الطبيعة . واقسام هذا المقياس تحت الصفر تميز بعلامة السلب . مثالة $+22^{\circ}$ تدل على 22° فوق صفر ولكن -22° تدل على 22° تحت صفر . ويوجد نوعان آخران من الترمومتر مشهوران احدهما ترمومتر سنتكراد والاخر ترمومتر رومر

اما ترمومتر سنتكراد فدرجة التجلد فيه مرقوم عندها صفر ودرجة الغليان ١٠٠

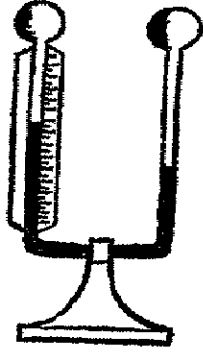
واما ترمومتر رومر فدرجة التجلد فيه عند صفر ودرجة الغليان عند ٨٠ فنسبة ٩ و ٥ و ٤ بعضها الى بعض كنسبة درجات الاول والثاني والثالث بعضها الى بعض والفرق بين درجة التجلد والغليان في كلها واحد اذا كانت من حجم واحد . وعلامة درجات الاول والثاني والثالث فاذا اريد تحويل درجات مفروضة في الواحد الى درجات احد الآخريين تحول بنسبة تتالف من عدد من هذه الثلاثة يختصان بالاثنتين والدرجات المفروضة فالرابع المجهول هو درجات الآخر غير انه يجب اضافة 22° لدرجات فهرنهايت بعد ان تستخرج في النسبة لان صفره عند 22° تحت التجلد

مثالة اذا قيل حول 10° س الى درجات ف نعمل هكذا $9:5:10::ك-27+22-59^{\circ}$ ف

انه لما كان الزئبق يجلد عند -29° فاذا اريد الوصول الى درجة

حرارة أدنى من ذلك فلا يعود الزئبق يصلح لهذه الغاية بل يستعمل لذلك غالباً الكحول الذي لم يجلد قط . وقد يستعمل هواء المجلد في الترمومتر . فهذا السائل يبقى في الحالة الهوائية في كل درجة من الحرارة وقابل التمدد دائماً . غير أنه يتأثر أيضاً باختلاف الكبس فيكون بارومتر كما هو ترمومتر

ومن أنواع الترمومتر ترمومتر التفاوت وهو مؤلف من أنبوبة ملتوية حتى تصنع قائمتين . وعلى الساق الواحد مقياس وفي الأنبوبة حامض كبريتيك ملون احمر (شكل ٢٠٧) وفي البلبوسين هواء . شكل ٢٠٧



فان كانا على حرارة واحدة يكون الحامض في الساقين على موازنة ويكون عند صفر على المقياس وإذا زادت حرارة احدهما يتمدد الهواء فيه فيطرد الحامض من ساقه الى الساق الاخر

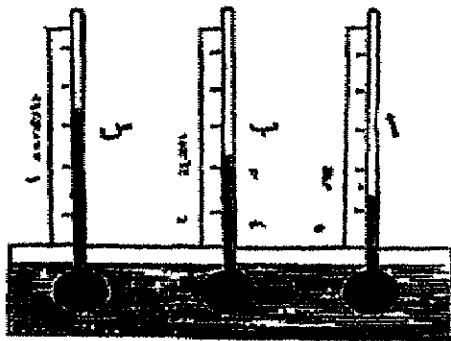
٥٤٤ كل من السائلات تمدده غير قياسي

اي لا يتمدد كازدياد درجة الحرارة ابداً . فانه اذا كان سائل عند ٢٠٠° وزادت حرارته عشرة درجات يتمدد اكثر ما اذا كان عند ١٠٠° . ولكن تمدد الترمومتر الزئبقي يتساوى تقريباً بالصعود الى ٢١٢° وفوق ذلك الاحسن استعمالاً الترمومتر الهوائي

ثم ان مواد مختلفة لا تمدد على التساوي باختلاف واحد في درجة الحرارة

ليؤخذ عدة انابيب زجاجية مثل اوب وش (شكل ٢٠٨) يتصل بها

شكل ٢٠٨



بلبوسات ذات حجم واحد ولتتلا سوائل مختلفة الى علو واحد . املأ احدها ماء والثانية زيت السمك والثالثة كحولاً . فان غبست كلها في وعاء واحد بجنوب ماء غالباً تصعد السوائل الى اعالي مختلفة اذ يكون الماء اقلها علواً والزيت اقل علواً من الكحول . فاذا احميت المواد من 22° الى 212° يتدد

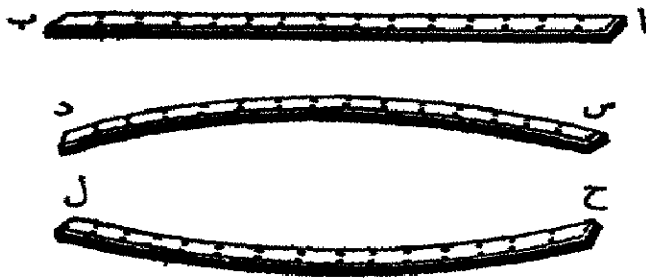
الزيت	١٨	جزءاً من الف
الماء	٤٣	.
الزيوت الثابتة	٨٠	.
الكحول	١١١	.

وهكذا الاجسام الجامدة لا تتمدد على حدٍ سوى باختلاف واحد في درجة الحرارة . فاذا اُحميت من 22° الى 212°

فالزجاج البلوري او الصواني	يتدد	٨١١	جزءاً من مليون
البلاطين	.	٨٥٦	.
الفولاذ	.	١١٨٩	.
النحاس الاصفر	.	١٨٧٥	.
النحاس الاحمر	.	١٨٨١	.
الفضة	.	١٨٩٠	.
الوتيا او الخارصيني	.	٢٩٤٣	.

٥٤٥ ثرمومتر برقي . اذا اتحد سير من نحاس اصفر بسير من حديد حتى تكون القطعة المركبة منها اب (شكل ٢٠٩) مستقيمة في درجة الحرارة

شكل ٢٠٩

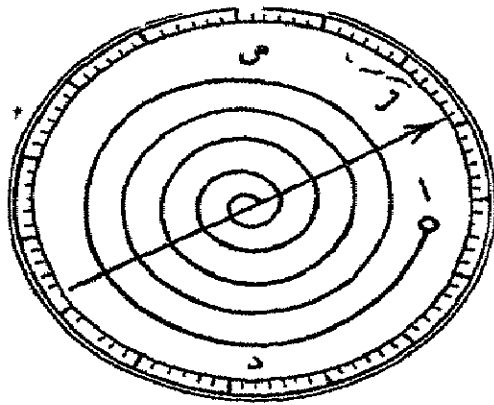


الاعتيادية فان صب عليها ماء سخناً تنحني اذ يكون النحاس الاصفر على الجانب المحدث من القطعة كما ترى في س د . وان بردت حتى

تصير درجة حرارتها ادنى فالانحناء يكون الى الجهة الاخرى اذ يكون الحديد على الجانب المحدث من المنحنى كما ترى في ح ل . وذلك لان النحاس يتمدد بالحرارة او يتقلص بالبرودة اكثر من الحديد فسير كذا مركب من معدنين يصلح ان يستعمل لقياس درجة الحرارة

وهذا الترمومتر (شكل ٢١٠) مصنوع على هذا المبدأ لان سير رقيق

شكل ٢١٠

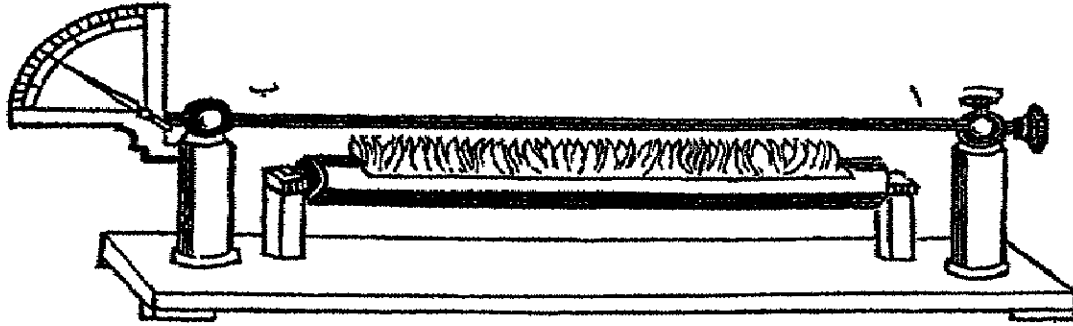


من بلاتين متحد بسير من فضة فيه سمكة نحو ١٠ // من عقدة وملف لفا حلزونياً وطرف واحد منه متصل بمسار ثابت عندا والاخر حامل الدليل ب الذي يتحرك فوق دائرة مقسومة الى درجات س د . وهذا الترمومتر

قد يصنع دقيقاً فيعرف منه ادق اختلاف في الحرارة ويكون سهل الحمل جداً ٥٤٦ لاجل قياس درجة عالية جداً من الحرارة لا يصلح

استعمال الترمومتر الزئبقي او خلافة الان الزئبقي يغلي عند ٦٦٠° ف فقد اصطنعت آلات اخر مختلفة لاجل قياس درجات الحرارة العالية اشهرها بيرومتر دانيال

هذا اليرومتر كما ترى (شكل ٢١١) مركب من انبوبة بلومياجين اب طرف منها مسدود والطرف الاخر مفتوح وفي جوفها قضيب بلاتين ناتئ من شكل ٢١١



الطرف المفتوح متصل بعقرب يدور على مينة منقسمة الى درجات . فاذا احميت الانبوبة يتمدد القضيب فيدير العقرب الذي يشير الى درجة الحرارة ٥٤٧ ان بعض الاجسام كالماء تخالف ناموس التقلص بزيادة البرودة عند وصولها الى درجة معلومة من قلة الحرارة . فان الماء اذا كان عند درجة الغليان وبردته ياخذ ان يتقلص في الحجم حتى يصل الى درجة ٣٩° وعند تلك النقطة يزول التقلص ثم ان بقيت درجة البرودة تزداد يبقى الحجم على ما هو لحظة وينقلب الحال وياخذ بالتدد والاتساع حتى يتجلد . فالماء يصل الى معظم كثافته عند ٣٩° ف اي ان كان الماء عند درجة ٣٩° فسواء احميناه ام بردناه يتمدد . وقد عللوا عن تمدد الماء عند اقترابه الى درجة التجلد ان الجواهر عند وصولها الى ٣٩° ف تتنظم انتظاما جديدا استعدادا للتبلور ثم تبلور تاركة مساما عديدة فيتسع الحجم

ومواد آخر كالحديد اللثب والكبريت والبرموث الخ يتمدد
 حجمها مثل هذا التمدد عند بداية تبلورها . وخاصة التمدد هذه
 تعتبر جداً في الطبيعة فانها في الحديد عند التبلور تجعله مناسباً
 للصب . لان تمدد هذا المعدن يجعله ان يملاً القالب فيكون المصبوب
 ناعماً تام الهيئة . وهي في الماء تجعل الجليد ان يعوم عليه اذا تجلد
 وجهه شتاء اذ يتمدد فيقل ثقله النوعي . فتبقى درجة حرارة ما
 تحت الجليد من الماء 39° اذ يغطيه الجليد ويجز زيادة البرد
 الخارج . ولما كان الجليد يعوم على وجه الماء فحرارة شمس الصيف
 تذوبه في وقت قصير . ولو بقي الماء يتقلص ويتكاثف بزيادة
 البرد لكان يغرق الجليد الى اسفله ما يتجلد وجهه الى ان يصير
 كله قطعة جليد ولا تعود حرارة الصيف الثاني كله تكفي لتذويبه
 ولكان ينقطع مجرى بحيرات وانهر كبيرة وتدوم البحار المالحه متجلدة
 في البلاد الباردة فسيحان حكمة المبدع الذي جعل كل النواميس
 في المادة نافعة مناسبة

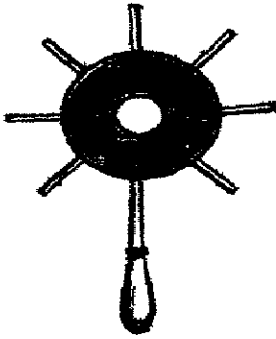
الفصل الثاني

في اتصال الحرارة وفي الحرارة النوعية

٥٤٨ اتصال الحرارة هو نقلها من جواهر مادة الى اخرى فاذا اُحي جسمٌ فوق الاجسام المجاورة له توصل حرارته الى تلك الاجسام باحدى ثلاثة طرق النقل والحمل والاشعاع اما النقل فيكون بالجوامد كالمعادن وخلافها . فاذا اُحي طرف قضيب معدن فوق لهيب مصباح فالطرف الآخر تصعد درجة حرارته . وذلك لان الحرارة تنتقل بالتدريج من دقيقة الى اخرى حتى تصل الى الطرف الاخر ويقال حينئذ انها قد اوصلت ان الاجسام من حيث الاتصال بالنقل نوعان منها ما هو موصل جيد ومنها ما هو موصل ردي . فاذا احترق عود حطب عند طرفه الواحد قلما يتأثر الطرف الآخر لان الحطب او الخشب موصل ردي لنقل الحرارة . واذا اُحي طرف قضيب حديد يحمي الطرف الاخر كثيراً لانه موصل جيد .

والجربة الآتية توضح لنا ذلك . خذ لوحاً مستديراً من نحاس اصفر

شكل ٢١٢



(شكل ٢١٢) حرفة مثقبة ومُدخل في ثقب
قضبان من معادن مختلفة مقدارها واحد وطولها
واحد في نهاية كل منها تجويف صغير
لاجل وضع قطعة فصفور. فاذا وضع في اطرافها
قطع فصفور واحي اللوح بليبس مصباح
العرق فالحرارة توصل في القضبان المختلفة

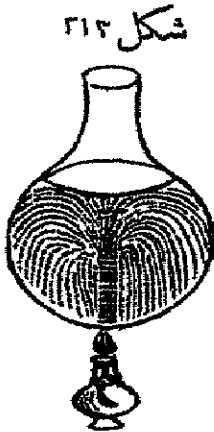
وتشعل الفصفور اولاً في الموصل الاجود ثم في البقية بالتتابع بحسب ترتيب
قوتها في الايصال . فتشعل اولاً في النحاس الاحمر ثم في الاصفر ثم في الحديد
ثم في التوتيا ثم في النصدبر ثم في الرصاص ثم في الزجاج

٥٥١ ان المعادن هي احسن الموصلات للحرارة . والزجاج
والطين هما موصلان رديان . واردة الموصلات السائلات ثم
الغازات ارباً السائلات ايضالاً . وبموجب ذلك تصنع احياناً
مسكات خشبية لوعية معدنية تستخدم للسائلات الحارة فيسهل
حملها حيثئذ لكون الخشب موصلًا ردياً للحرارة فلا ينقلها بكثرة
الى اليد . ولكون الصوف موصلًا ردياً احياناً عند ما نحمل جسمًا
حاميًا نوسط الصوف السميك بينه وبين اليد . ولجل حفظ
التج من الذوبان السريع نلفه او نطهره بموصل ردي كالصوف
والتبن وغير ذلك . وريش الطيور وفرو الحيوانات هما موصلان
رديان وليس فقط ذلك بل حاويان مقداراً كبيراً او صغيراً من
الهواء الذي هو موصل ردي وذلك يجعلها اصلح لمنع البرد . وقشر

الشجر موصل ردي للحرارة فيقيها من ضرر الحرارة صيفاً والبرد شتاءً. وملابسنا الصوفية ايضاً موصل ردي للحرارة. وتخار للمبوس شتاءً ليس لانها نفسها حارة بل لانها موصل ردي للحرارة فلا توصل حرارة اجسامنا الى الهواء البارد وقس عليه

٥٥٢ اما ايصال الحرارة بالحمل فيكون في السائلات بوضعها في وعاء فوق النار. فاذا وضع اناء فيه ماء فوق نارٍ ثمدد صفيحة الماء التي تمس قعره فتصير اخف من التي فوقها. فلذلك تصعد والماء فوقها يهبط ثم ثمدد الصفيحة التي نزلت الى القعر وتصعد. وهكذا لا تزال كل واحدة ثمدد في نوبتها فيحصل من جري ذلك مجرى من الماء الحار الى فوق ومجرى آخر من الماء البارد الى اسفل فتحمل الحرارة من اسفل الى اعلى

وكيفية ذلك توضح من النظر الى (شكل ٢١٢). فهذا الشكل يدل على وعاء مليّ اولاً ماءً بارداً ثم وُضع فيه قبضة من ذرات الكهرباء المسخونة. ولما كان الثقل النوعي للكهرباء كالذي للماء ويبقى دائماً فيه فاذا وضع مصباح عرق تحت الوعاء تظهر المجاري حالاً في الماء كما ترى في الشكل



٥٥٣ اما ايصال الحرارة لاشعاع فيكون بارسال شعاع حرارة من جسم جام الى جميع الجهات. وهذا الاشعاع جارٍ

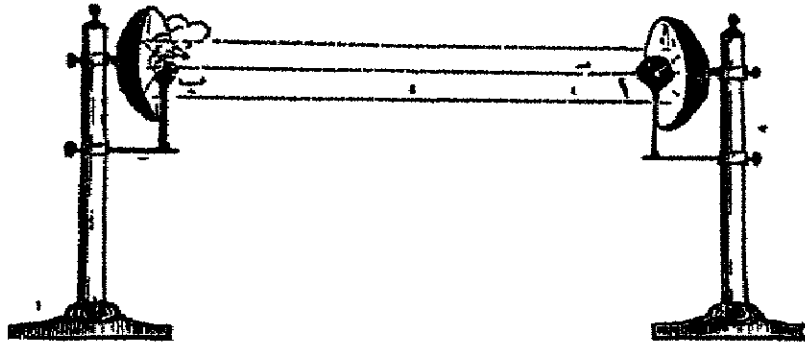
دائماً في كل الاجسام لان الحرارة تطلب الموازنة كالكمبرائية او الهواء فتخرج من جسم حرارته أكثر وتدخل في جسم حرارته اقل . وقواعد الحرارة المشعة كقواعد النور فانها تنعكس وتسير ونقل وتمتص وتنفذ على ناموس انعكاس النور وسيره وقلته وامتصاصه ونفوذه . فانها تسير على خطوط مستقيمة وفي انعكاسها تكون زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس متساويتين و سطح الوقوع و سطح الانعكاس واحد . واذا بعدت ثقل كازدياد مربع البعد لان الحرارة التي هي على بعد ذراعين من الجسم الحامي ربع التي على بعد ذراع واحدة منه وهلم جرا . وبعض الاجسام تمتص جانبا كبيرا منها والبعض جانبا صغيرا وتعكس الباقي . والحرارة ينفذ جانب منها في الاجسام الشفافة غير انه اذا كان مصدر الحرارة غير الشمس فلا تنفذ حرارة الشمس في الاجسام الشفافة . ولانني بهذا النفوذ اصال الحرارة بالنقل في المواد كما مر لانها بهذا المعنى تنفذ في جميع الاجسام بل نعي اختراقها جسما شفافا بدون النقل . وسياتي تفصيل الكلام على كل ذلك

٥٥٤ انعكاس الحرارة وسيرها وقلتها . اما كون الحرارة نقل كازدياد مربع البعد فبرهانه بموجب الهندسة او بالامتحان سهل . واما كون انعكاس الحرارة وسيرها كانعكاس النور وسيره فينبين

كما سيأتي

إذا وضع مرآتان شلجيتا الشكل أحدهما مقابلة الأخرى وبينهما مسافة

شكل ٢١٤

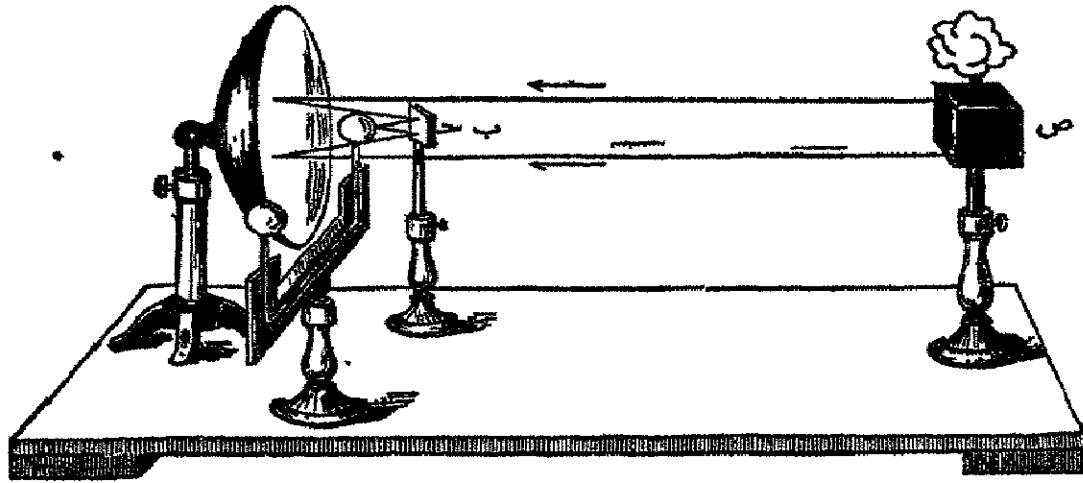


نحو عشر أذرع (شكل ٢١٤) ثم وضع في البورة الرئيسة لأحدها عند اجسم
حام وفي البورة الرئيسة للأخرى عند ب جسم سريع الاشتعال كقطعة فصفور
أو قليل من البارود يلهب الفصفور أو البارود من شعاع الحرارة المجموعة ولا
يلتهب إذا وضع في غير نقطة ب . وذلك دليل على أن شعاع الحرارة قد
سارت في خطوط مستقيمة وانعكست عن المرآة الأولى متوازية لوقوعها عليها
منشرة من البورة الرئيسة وتجمعت في البورة الثانية الرئيسة لوقوعها عليها
متوازية كالنور تماماً الذي لا يجري هذا المجرى إلا بموجب الناموس المذكور
للنور أن زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس لخيطوط النور المستقيمة متساويتان .
ونجعل المرآتان شلجيتا الشكل لزيادة انضمام الحرارة لكونه يبرهن هندسياً
كون الشعاع المتوازية إذا كانتا كذلك تجمع إلى نقطة واحدة على أسلوب
البرهان المذكور (رقم ٤٨٠)

٥٥٥ ثم أنه بين الأجسام تفاوت في عكس الحرارة عنها فبعضها
يعكس عنه حرارة وافرة وبعضها حرارة أقل فكما ينعكس عنه
كثيراً يمتص قليلاً منها وبالعكس

وهذا الشكل يبين لنا الطريقة التي بها أظهر المعلم أسلي التفاوت بين

اجسام مختلفة في عكس الحرارة ونسبة بعضها الى بعض من هذا القبيل . فانه وضع صندوقاً مكعباً ص من تلك الملو ماء غالياً امام مرآة شلمية . فشعاع
شكل ٢١٥



الحرارة اذ وقعت على المرآة انعكست عنها الى البورة ب ثم اذ وسط صفية
مربعة من مادة ما بين المرآة والبورة انعكست ايضاً الشعاع الى بورة بعدها
امام الصفية كبعدها خلفها . ثم وضع في تلك البورة بلبوس ثرمومتر التفاوت
الذي يقيس الحرارة . ثم بتوسط صفايح مواد مختلفة على التوالي عرفت نسبة
بعضها الى بعض من قبيل عكس الحرارة عنها

فقد بين لسلي المذكور بهذا الاسلوب ان النحاس الاصفر الصقيل هو الاعظم
قوة لعكس الحرارة . وان الفضة تعكس تسعة اعشار ما يعكسه النحاس والقصدير
ثمانية اعشار والزجاج عشرة وان الصفايح التي تسود بالدخان لا تعكس
الحرارة مطلقاً

٥٥٦ امتصاص الحرارة . ان بين الاجسام من قبيل امتصاص
الحرارة تفاوتاً ايضاً . والمعلم لسلي بين ذلك بانه وضع الصندوق
ص امام المرآة الشلمية كما هو موضوع (شكل ٢١٥) ثم وضع بلبوس

ثرمو متر التفاوت في بورة المرآة ب وكان يغطيه بصفائح المواد التي اراد تجربتها . فعلى هذا الاسلوب بين المذكوران الجسم الذي يعكس الحرارة أكثر من جسم آخر يمتص منها اقل وبالعكس . وعند ما سوّد بلبوس الثرمومتر بالدخان حصل التغيير الاعظم في درجة الثرمومتر واذ غطاه بورق النبات حصل التغيير الاقل

ثم لما عكس المعلم المذكور العمل بانه عوض ان يغطي الثرمومتر بالاجسام التي قصد التجربة فيها غطى اوجه المكعب بصفائح من اجسام مختلفة الجنس ظهر له ان قوة الاشعاع اي ارسال الحرارة في الاجسام هي كقوة الامتصاص او بالعكس كقوة التعكيس . وعلى كل حال الموصل في الاشعاع ليس هو مادة ظاهرة كموصل النقل والحمل بل هو المادة الاثيرية نفسها التي الحرارة جزء منها وتموج فيها

٥٥٧ ثم ان قوة التعكيس وقوة الامتصاص في الاجسام تتوقفان على الصقال والكثافة وبعد الشعاع الواقعة وطبيعة مصدر الحرارة واللون

فالاجسام الصقيلة مع المساواة في سائر الصفات المذكورة هي اجود من غير الصقيلة في التعكيس واردا منها في الامتصاص

والاجسام الكثيفة اذا تساوت بقية الصفات المذكورة تعكس
اكثر وتمتص اقل من اللطيفة
وكلما كانت شدة الحرارة الواقعة اقرب الى العمودي بين
زاوية الوقوع وزاوية الانعكاس كانت الحرارة المنعكسة اقل والامتصة
اكثر

وطبيعة مصدر الحرارة تغيرا حيا نأقوتي التعكيس والامتصاص.
مثالها اذا دهن جسم بكاربونات الرصاص المعروف عند الاوربيين
بالرصاص الابيض يمتص من صندوق مكعب مملوء ماء غالبا
حرارة اكثر مما اذا كانت نفس كمية تلك الحرارة صادرة عن
سراج. ولكن اذا دهن جسم بسناج السراج فمبلغ الحرارة الممتص
واحد مهما كان مصدر الحرارة

والاجسام الملونة واخصها البيضاء ان تساوت الاجسام في
سائر الصفات المذكورة تمتص اقل وتعكس اكثر من السوداء.
وقد جرب فرانكلين ذلك بوضعه رقعا من جوخ مختلفة الالوان
على ثلج تحت شعاع الشمس ومن ذوبان الثلج تبين له ان قوت
الالوان لامتصاص الحرارة اذا ابتدانا من اللون ذي القوة العظمى
للامتصاص هي على هذا الترتيب الاسود ثم البنفسجي ثم النيلي ثم الازرق
ثم الاخضر ثم الاحمر ثم الاصفر ثم الابيض. وعكس هذا الترتيب

لغات الألوان للتعكس

٥٥٨ نفوذ الحرارة . النور ينفذ في جميع المواد الشفافة مهما كان مصدره لأن النور الآتي عن مواد محترقة او عن كهربائية او غيرها ينفذ فيها كما ينفذ نور الشمس . واما الحرارة فان كان مصدرها الشمس فتنفذ كالنور في كل المواد الشفافة وان كان مصدرها غير الشمس كحرارة نار او ماء غالٍ فلا تنفذ في كلها . فاذا وضع بيننا وبين نار مضطربة لوح زجاج يحجز عنا أكثر حرارتها ولكن لا يحجز عنا حرارة الشمس الا قليلاً . واذا حالت عدسية زجاج محدبة كبيرة دون نور الشمس فان حرارة الشمس لا ينحجز منها الا القليل بل تنفذ مع النور من الزجاج وتجمع عند بورتها ويظهر لها فعل قوي . واذا كانت العدسية كبيرة عظيمة التحديق وتحديبها شلجي تصهر كل نوع من المعادن كما مر في الكلام على العدسية المحدبة في النور . ولكن ان حجزت هذه العدسية دون حرارة ماء غالٍ في صندوق مكعب او حرارة سراج او نار فلا ينفذ في العدسية منهما ما يشعر به . وسبب ذلك ان الشمس حرارتها اقوى جداً من حرارة الماء الغالي او السراج . ففوق الحرارة للنفوذ في اجسام شفافة هي بحسب حرارة الجسم الجامي التي تصدر منه

٥٥٩ ثم ان هواء الجلد تنفذ فيه الحرارة سواء كان مصدرها

الشمس او خلافتها كالنار او الماء الغالي لكونه شفافاً لطيفاً جداً. وذلك لطف من الله لانه لولا اختراق الحرارة فيه لما كانت نيران الجحيم تدفينا شتاء. ثم لكون الحرارة تنفذ فيه تماماً مع النور لا يمتص شيئاً من الحرارة بنفوذ النور فيه الا قليلاً جداً. ولكنه يمتص منها ما يكتسبه بالمجاورة من حرارة الارض التي تكتسبها عند وقوع النور عليها. وذلك علة لحدوث الرياح والنسيم كما مر (رقم ٢٢٧) لان الهواء اذ يمتص الحرارة بمجاورته للارض التي تاخذها من حرارة الشمس يتلطف فيصعد ويأتي هوائاً آخر من حيث الهواء ابرد فيحدث رياح. ثم ان ماء البحر موصلاً اردي من الارض في نقل الحرارة والارض تحتها وتبرد قبله عند وقوع الحرارة عليها او نزعها عنها فيحدث نسيم بحري ضحى ونسيم بري ليلاً للسبب المشار اليه نفسه

اما الاجسام الشفافة التي ينفذ فيها كل نوع من الحرارة فيقال لها دياثرمية والتي لا ينفذ فيها كل نوع من الحرارة يقال لها اثرمية. فالماء والزجاج اثيريين ومع كونها عظمي الشفافية وينفذ فيها النور الاضعف لا تنفذ فيها موجات الحرارة الا اذا كانت كثيفة جداً. فان اضاء لهيب سراج على صفيحة رقيقة من جليد يخرقها من الحرارة ٦ من مائة فقط مع ان اكثر النور يكون قد نفذ فيها

ثم ان الملح المعدني هو دياثرمي وتنفذ فيه كل الحرارة الا قليلا جدا لان صفحة من الملح المعدني الصافي سمكها عشر عقدة يخرقها ٩٢ من المائة من حرارة مصباح واذا دهنت بسناج حتى تصير تنجز النور تماما فلا تزال الحرارة تنفذ كما نفذت تقريبا. فيظهر ان الحرارة والنور ليسا شيئا واحدا بل هما شيان ممتازان يجنبهان احيانا وينفصلان اخرى وان بينهما مشابهة من اوجه ومباينة من اوجه اخرى. ولعل نور القمر الذي مصدره الاصلي الشمس قد انفصل عن الحرارة بداعي وقوع شعاع الشمس على مادة اثرمية تحيط بالقمر وعدم نفوذ حرارتها فيها لانه قد امتحن نور القمر بجمعه في مرآة مقعرة فلم يظهر فيه شيء من الحرارة والله اعلم

ثم ان اصطنع منشور من الملح المعدني الصافي او مادة اخرى عظيمة الدياثرمية يظهر ان الحرارة تنكسر كالنور اذ تيل عن جهة مسيرها اقل من اكثر الالوان ويقع اكثرها اقرب الى جهة مسيرها من حد اول النور الاحمر من الطيف وبعضها يطابق النور المذكور وذلك يطابق ما نقرر في الكلام على انحلال النور

ولنا امثلة في الامور العمومية تطابق نقل الحرارة بالاشعاع فان الملابس تختار صيفا من النسجة تعكس الحرارة بكثرة وتمنع عنا كثرتها كالعنبر كس والنسيج الكتاني لان لون الاول ابيض والثاني اكشف من غيره وتختار شتاء من النسجة صوفية سوداء لكون الصوف واللون الاسود يمتصان من الحرارة اكثر

ما يعكسان. وإذا قصد اللون فقط فالأبيض أنسب لكلا الفصلين لأنه أحسن لتعكيس الحرارة صيقاً واردة الأشعاعها شتاء من اللون الأسود الزيت والمواد الدهنية تعكس الحرارة جيداً وقليلة الأشعاع ولذلك نرى بعض قبائل الشمال يدلون أجسامهم بالزيت لأنها قليلة الأشعاع لتعفظ الحرارة الحيوانية إذ يفعل الزنج نفس هذا الفعل لينعوا امتصاص الحرارة من خارج. والثلج هو جيد للتعكس ولكنه قليل الامتصاص والأشعاع. ولذلك نقي صفائح الثلج النباتات التي تغطيها. والثلج والجليد إذا وقعت عليها أشعة الشمس يذوبان بطيئاً ولكن إن كان داخلها فيها حجراو غصن شجرة يذوب متها ما يجاور الحجر والغصن بأسرع وقت أولاً بامتصاص حرارة الشمس ثم بأشعاعها الحرارة إلى الدقائق المجاورة

٥٦٠ الحرارة النوعية. يراد بالحرارة النوعية لجسم مبلغ الحرارة التي ترفع حرارته درجة باعتبار الحرارة التي ترفع حرارة جسم آخر مختلف المادة وزنه مثل وزنه كذلك درجة احتساب الحرارة التي ترفع حرارة الجسم الثاني درجة واحداً. مثاله الحرارة التي ترفع درجة حرارة الماء الظاهرة درجة واحدة هي عشرة أضعاف التي ترفع حرارة الحديد المساوي للماء وزناً درجة واحدة وثلاثة وثلاثين ضعف التي ترفع الزيت كذلك. فإذا وضعت ثلاثة أوزان متساوية من هذه المواد الثلاثة في حرارة واحدة يحمي الزيت أكثر من الاثنين الباقيين ويحمي الحديد أكثر من الماء لأنه يخفي في الماء تسعة أعشار الحرارة التي تظهر في الحديد واثنان وثلثون من ثلاثة

وثلاثين جزءاً من الحرارة التي تظهر في الزيت . وقد علل بعضهم عن ذلك ان الماء اذ يهدد أكثر من الباقيين المذكورين بالحرارة يمتص جانباً منها ويخفيها بحيث لا تعود تظهر بالحس او بالثرمو متر . ويقتضي ان يجعل جسم ما اولياً لكي تقاس الحرارة النوعية لكل واحد من سائر الاجسام على حرارته محسوبةً واحداً فيتعين عدد الحرارة النوعية وقد جعلوا الماء اولياً حاسبين حرارته واحداً لكون حرارته النوعية اعظم من سائر الاجسام المعروفة وسيأتي تدوين القائمة التي تدل على الحرارة النوعية لبعض الاجسام باعتبار الماء اولياً . ولمعرفة الحرارة النوعية للاجسام طرق شتى اشتهرها طريقتان احدهما للسائلات والاخرى للجوامد

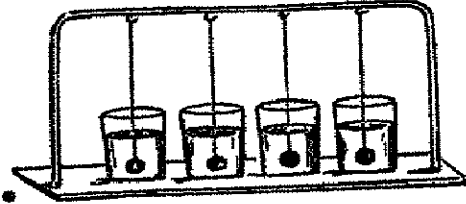
(١) احم جسمًا معروفًا وزنه مطلوبًا حرارته النوعية الى ان تصل حرارته الى درجة ما في الثرمومتر . ثم امزجه بوزن من الماء يساوي وزنه درجة حرارته اقل من درجة الجسم . ثم خذ درجة حرارة المزيج . ثم قل نسبة ما خسره الجسم بوصوله الى درجة المزيج الى ما ربحه الماء كنسبة واحد الى الحرارة النوعية مثلاً اذا اُحمي اوقية من الزيت الى ١٢٢° فثم صببت في اوقية ماء درجة حرارته ٢٢° فترى درجة المزيج عند ٢٥° ٢٥° . فيكون الماء قد حسي ٢٥° ٢٥° والزيت قد برد ٩٦° ٧٥° فتكون نسبة ٩٦° ٧٥° : ٢٥° ٢٥° : ١ : الحرارة النوعية = ٢٠٢٢° وسبب ذلك واضح للفطن فتأمل

تنبيه . الحرارة النوعية للاجسام غالباً تزداد قليلاً بصعود درجة حرارتها . ولكن الحرارة النوعية للغازات يظهر انها واحدة تقريباً عند كل درجة من

الحرارة ونحمت كل ضغط

(٢) خذ عدة أكواب من زجاج (شكل ٢١٦) فيها مقادير متساوية من الماء البارد . ثم خذ اجسامًا

شكل ٢١٦



مطلوبًا معرفة حرارتها النوعية عددها مثل عدد الأكواب واوزانها متساوية وغمسها معا في

ماء غالي . ثم ارفعها من الماء الغالي وعلقها فوق الأكواب لكي تبتلي في الماء البارد وتبقى هنيئة الى ان توصل حرارتها اليه . فدرى الرصاص يرفع درجة حرارة الماء اقل من كل منها والقصدير اكثر قليلا والنحاس الاحمر اكثر من القصدير والحديد اكثر من النحاس . واذا كانت كل الاجسام من حديد فانها ترفع الماء الى درجة واحدة من الحرارة في كل الأكواب . ثم لان حرارة الماء في كل كوب تتعادل بعد الايصال بحرارة الجسم الذي غطس فيه يعرف من درجة حرارة الماء في كل كوب كم نزلت حرارة الجسم فيه عما كانت اي عن 212° وكم ارتفعت حرارة الماء في الكوب عما كانت . ثم تجري النسبة لمعرفة الحرارة النوعية لكل جسم بموجب الطريقة الاولى بان يقال درجات هبوط حرارة الجسم الى درجات ارتفاع حرارة الماء كنسبة واحد الى الحرارة النوعية لذلك الجسم . واذا استخرجت الحرارة النوعية لكل من الاجسام المرقومة ترى حرارتها النوعية على الترتيب الذي ذكر وترى الحرارة النوعية للحديد مضاعف التي للقصدير . والفائمة الآتية تربنا الحرارة النوعية لبعض الاجسام مستخرجة بموجب ما مر اذا تحسب الحرارة النوعية للماء واحداً

الماء	١٠٠٠٠	النحاس الاحمر	٠٠٠٩٥
الكبريت	٠٠٤٠٢	الفضة	٠٠٠٥٧
الزجاج	٠٠١٩٨	الزئبق	٠٠٠٣٢

٠٢٠٣٣	الذهب أو البلاتين	٠٢١١٤	الحديد
٠٢٠٣١	الرصاص	٠٢٠٩٦	النيون

وبما ان لافرق يعتبر بين حرارة الذهب النوعية وحرارة البلاتين ذكرا
معاً في هذه القائمة فان الفرق يحصل في مقام عشرات الالوف من الكسر
العشري

الفصل الثالث

في الحرارة الخفية والسائلية والتجميد والبخارية والغليان والتبلور
ومصادر الحرارة

٥٦١ الحرارة الخفية . اذا صار جسم جامد سائلاً او تحول
سائل الى غاز يخفي كمية وافرة من الحرارة فلا تظهر بالثرمو متر .
لنفرض قطعة جليد درجة حرارتها 20°F آتي بها الى غرفة دافية
فدرجة حرارة الجليد تصعد تدريجاً الى 32°F ومن ثم تاخذ بالذوبان .
ولكن مدة ذوبانها التي قد تدوم ساعات جماء لا تصعد درجة
حرارتها فوق 32°F مع ان الجليد لم يزل يقبل الحرارة كما كان يقبلها
قبلاً . ولما كانت درجة الحرارة لم تصعد فوق 32°F نستنتج ان الحرارة
لا بد ان تكون قد استخدمت في تحول الجليد من الجهد الى

السائلة وتلك ما يقال لها الحرارة الخفية أو الخفية. وإذا مزجنا اوقية ثلج عند 22° مع اوقية ماء عند 174° تكون درجة حرارة المزيج 22° . فينتج ان الماء الذي صارت درجة حرارته كما ظهر من الترمومتر 22° يحوي 142° من الحرارة زيادة عن الجليد الذي درجة حرارته 22° اي ان الحرارة الخفية للماء 142° . ويعلل عن ذلك بكون الجليد المتبلور عند انحلال بلوراته قد اخفى فيه جانب من الحرارة الظاهرة خسر الماء فاما خسر ما اضيف اليه من الحرارة فبقيت درجة الحرارة كما كانت كما انه اذا عكس العمل بان جمّد الماء بتبريده يبقى وقتاً قبل ان يهبط عن 22° مع بقاء التبريد لظهور بعض الحرارة الخفية بتبلوره.

٥٦٢ الحرارة الخفية في البخار. اذا وضع مصباح عرق تحت وعاء يحوي ماء درجة حرارته عند 22° ف ولوحظ الوقت المقتضى لرفع حرارته الى 212° ثم ان دام المصباح يعطي الحرارة حتى يستحيل كل الماء الى بخار يرى كل الوقت المقتضى لتحويل الماء كله الى بخار 50% اضعاف الوقت الذي يقتضيه رفع الماء من درجة التجلد الى درجة الغليان ودرجة حرارة الماء لا تصعد قط فوق 212° . ففي تحويل الماء الى بخار كمية الحرارة المنتصة هي 50% اضعاف الحرارة المطلوبة لاصعاد الماء 180° من الحرارة فالبخار

عند 212° يحوي 990° من الحرارة الخفية. وإذا تحول هذا البخار الى سائل تظهر هذه الكمية نفسها. مثالة اذا استقطرنا ابريقاً من الماء وبردنا البخار بعشرة اباريق ماء بارد ياخذ الماء البارد 99° من الحرارة

٥٦٣ الغليان. غليان سائل هو جيشانه في قدر فوق حرارة قوية بتساعد البخار فيه المتحول عنه بهيئة فقائيع. والفقائيع تكون داخل السائل عند اسفله واذا تصعد الى وجهه تتلاشى وينفلت منها البخار الى الهواء. ومن حيث ان الهواء فوق السائل ابرد منه يتكاثف البخار ويظهر كبخار الضباب او السحاب

فعند تسخين الماء يندد او لا الهواء المتضمن فيه ويصعد الى وجهه وينفلت. ثم بدوام الحرارة تحته تكون فقائيع بخار في قعر الوعاء قرب الحرارة. وهذه اذا نتصاعد تصير اصغر فاصغر الى ان تصل الى وجهه حيث تتكاثف بامتزاجها بالماء الابرد هناك ويصدر عن ذلك صوت يقال له طشيش. وهكذا يدوم العمل الى ان يسخن كل الماء سخونة كافية فلا تعود الفقائيع تتكاثف بل تصعد وتنفلت عند وجهه وحيث تكون حرارته قد وصلت الى درجة الغليان. وبعد الوصول الى تلك الدرجة لا تعود تصعد درجة حرارته فوقها مع دوام ايصال الحرارة له وسياتي تعليل

ذلك

ثم انه لو اوضح ان كبس الهواء يعيق في الغليان انفلات البخار من السائل الذي يتوقف عليه الغليان كما مر فلا يتأني بمرور من الفقايع مدة الطشيش الى ان تصير مرونته موازنة للكبس ومرونته او قوة تمدده تختلف باختلاف الحرارة (رقم ٥٤١) فحرارة الغليان او درجة الغليان لسائل تختلف باختلاف كبس الهواء او ثقله. فالماء يغلي كما اشرنا سابقاً عند 212°F ونعني بذلك ان الماء يغلي عند تلك الدرجة تحت كبس الهواء وعلى سطح علوه مثل علو وجه ماء البحر. فان البخار عند تلك الحرارة قوة مرونته او تمدده تساوي كبس الجلد. ولكن ان نقص الكبس يغلي الماء عند درجة حرارة اقل من 212°F . فعلى الجبال العالية تهبط درجة الغليان 30° او 30° عنها عند سطح البحر. وتحت قابلة مفرغة الهواء اذ كان الكبس يزول تدريجاً بتفريغ الهواء تصير درجة الغليان اسفل فاسفل الى ان تصل الى 72° كما اشرنا في الكلام على المفرغة (رقم ٢٥٦). واذا زاد الكبس على وجه الماء عن ثقل الجلد كما اذا كان ضمن ناقوس الغواصين داخل البحر تعلو درجة الغليان لان مرونة البخار عند تلك الدرجة حيث لا تغود كافية لان تغلب على الكبس فوقه

وما يؤيد ما قيل التجربة الاتية وهي اغل قليلاً من الماء في قنينة زجاج رقيقة. ثم ارفعها عن النار وسدها بغليظة وإقلبها. فالبخار المتكون يضغط بعدئذ على الماء ويمنع عن الغليان. وعند ما يحدث ذلك اسكب قليلاً من الماء البارد على القنينة فالماء داخلاً ياخذ حالاً أن يغلي شديداً لأن البخار يكون قد تكاثف بالبرد وزال الضغط عن الماء. ويمكن تكرار هذه العملية مراراً إلى أن تصبح برودة الماء في القنينة كافية حتى تمنع عن الغليان في الخلاء

٥٦٤ قوة مرونة البخار. إذا تكوّن البخار بالغليان في وعاء مكشوف فقوة مرونته تساوي ثقل الهواء ولولا ذلك لما ظهر وذلك نحو ١٥ الييرة أو نحو ١٠ وق ٢ ط لكل عقدة مربعة. ولكن إذا تكوّن في إناء مغطى أو مسدود ضابطاً حتى لا يعود يستطيع أن يتدد بارتفاع درجة حرارة الماء فقوة مرونة البخار تزداد بنسبة اعظم جداً من نسبة ارتفاع درجة الحرارة وعلا ذلك يضاف إليه بخار جديد. والقائمة الاتية ترينا قوة مرونة البخار المحصور عند درجات معلومة من الحرارة إذ تقاس تلك القوة على ثقل الجلد

ثقل الجلد	درجة الحرارة	ثقل الجلد	درجة الحرارة
١	٢١٢	١١	٢٦٧
٢	٢٥١	١٢	٢٧٤
٣	٢٧٥	١٣	٢٨١

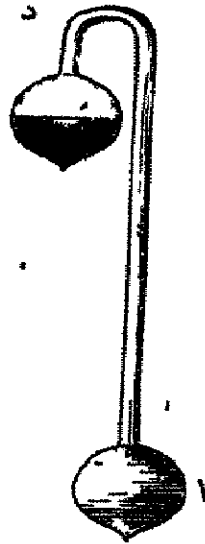
٢٨٧	١٤	٢٩٤	٤
٢٩٣	١٥	٣٠٧	٥
٢٩٩	١٦	٣٢٠	٦
٤٠٤	١٧	٣٣٣	٧
٤٠٩	١٨	٣٤٣	٨
٤١٤	١٩	٣٥١	٩
٤١٨	٢٠	٣٥٩	١٠

فيرى من القائمة المرقومة انه لجعل قوة البخار تزيد بمقدار ثقل جلد واحد يقتضي اضافة ٣٩ من الحرارة وأن هذا العدد يتناقص حتى يقتضي الامر ٤ درجات فقط لاضافة الثقل العشرين من الجلد

٥٦٥ تأثير التمدد والتقلص في درجة الحرارة. اذا تمدد جسم بتفريق دقائقه او بانتقاله من الجهود الى السائلية او من السائلية الى البخارية يمتص حرارة وافرة كما ان الحرارة اذا وصلت اليه واخترقته تمدده. واذ يسلب تلك الحرارة من الاجسام المجاورة تنقص حرارتها ضرورة فتبرد وتجلد. وبناء على ذلك اذا مزجنا اوزان متساوية من الثلج وملح الطعام ودرجة حرارتها عند ٣٣ سيلان بالامتزاج فتتهبط درجة حرارتها الى -٩. وتركيب كهذا يسمى مزيج مجلد. وتعليل ذلك ان للثلج شراهة شديدة للاتحاد

بالمح وإذا اتحدا يصيران سائلاً . ولا بد انها يمتصان ويخفيان
حيثُ جانباً كبيراً من الحرارة الظاهرة فيها وفي الهواء فتهدأ
درجة حرارة المزيج . وإذا صبَّ اثير على اليد يتحول سريعاً الى
بخار فيسبب فيها حاسية البرودة لامتنصاص بخاره المتحوّل عنه
بعض الحرارة الظاهرة

وما يمثّل لنا حصول البرد او نقصان درجة الحرارة بتحوّل سائل الى
بخار هذه الآلة (شكل ٢١٧) التي اخترعها المعلم ولستن . وهي مركبة من
انبوبة زجاج بس طولها نحو ١٨ قيراطاً وقطرها



ربع قيراط محنية عند طرف واحد وفي كل من طرفيها
بلبوس . فعند اصطناع هذه الآلة يملأ جزء من
اللبوس اماء اذ يكون مسدوداً واللبوس د مفتوحاً
ثم يُغلى الماء حتى يطرد البخار الهوائي من الانبوبة
ويسد اللبوس المفتوح حيثُ بتدوير فوهته بمصباح
عرق . فاذا نقل الماء الى اللبوس الاعلى د ثم غمس
اللبوس الاسفل ابرز من ملح وثلج يتكاثف البخار
فيه ويحصل خلاصة فيزول الكبس عن سطح الماء في

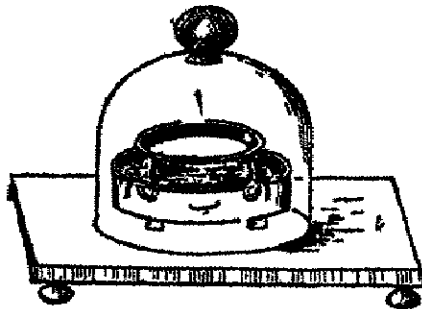
الاعلى ويتحوّل الماء سريعاً الى بخار ويمتد الى الاسفل . واذا لا يزال البخار يتكاثف
في اللبوس الاسفل حالما يتكوّن يجلد الماء سريعاً في الاعلى لامتنصاص البخار
المتحوّل عنه مقداراً جسيماً من الحرارة الظاهرة

٥٦٦ ثم انه اذا تقلص جسم او انضغط باقترب دقائقه او
بانتقاله من البخارية الى السائلية او من السائلية الى الجهد فانه

يعمل عكس عمله بالتمدد اي يطرد حرارة مخفية فيسخن هو نفسه
ويسخن الاجسام التي تحيط به بتكثير الحرارة الظاهرة كما ان الجسم
اذا تناقصت حرارته يتقلص. مثال ذلك اذا مزج الكلس بماء
بارد يتحدان حالاً لشدة الالفة بينهما ولان الكلس حينئذ ينضغط
باتحاده بدقائق الماء الذي هو اكثف منه يطرد جانباً كبيراً من
الحرارة الخفية ويسخن المزيج الى نحو درجة الغليان. وكذلك اذا
مزج قليل من الماء مع قليل من الحامض الكبريتيك فلكون الماء
يتقلص باتحاده بالحامض يشعر بجملة قوية من اتحادهما اذا لمسا
او لمس الاناء الذي فيه المزيج وقد اشرنا الى ذلك في الكلام على
التمدد (رقم ٢٠). والهواء اذا ضغط ظهر من ضغطه حرارة
وقد امتحنوا ذلك بضرب مدك يدخل دخولاً محكمًا في اسطوانة
معدنية قد وضع فيها صوفانة فظهرت حرارة كافية لحرق الصوفانة
وقس عليه

٥٦٧ التجميد او التجليد. بناءً على ان البخار المتحول عن سائل او
السائل المتحول عن جامد يمتص حرارة ظاهرة وافرة ويخفيها عن
الاجسام المجاورة قد اخترعوا بعض طرق لتجميد بعض السوائل.
لانه كلما ازداد تحول البخار عن سائل او السائل عن جامد يزداد
امتصاص الحرارة وبالضرورة تزداد البرودة على الاجسام المجاورة

وإذا كانت سوائل تجهدها. فيقتضي الأمر لتجديد السوائل لذن إيجاد طريقة لإزالة تحول الحامض إلى سائل أو السائل إلى بخار كإسقاطي من هذه الطرق أنهم يضعون السائل الذي يراد تجديده مع سائل آخر فيه شراهة له تحت قابله مفرغة الهواء. وكيفية ذلك ان مثلاً زجاجة ساعة أو صحيفة صغيرة (شكل ٢١٨) ماء مثلاً وتوضع على وعاء قليل العمق بـ ملو من الحامض الكبريتيك . ثم يوضع الكل على صحيفة مفرغة الهواء ويغطى بقابلتها. فعند تفريغ الهواء بالمفرغة لرفع الضغط عن الماء يتصاعد البخار بسرعة ويضغط على الماء في مكان الهواء الذي تفرغ فيمتصه الحامض الكبريتيك لان له شراهة كلية لذلك وهذه فائدة



وضع الحامض الكبريتيك . واذ يرجع الفراغ بامتصاص البخار يرجع تحول البخار وعلى هذا النمط لا يزال البخار يمتص من حرارة الماء حتى يصير الماء إلى برودة كافية ان تجلده . اما البخار الذي يرجع سائلاً بالتحاد مع الحامض فعمله بالعكس لانه يطرد تلك الحرارة وتظهر بازدياد حرارة الحامض ثم اذا وضعنا ضمن قابله المفرغة سائلاً آخر تحوّل إلى بخار أسرع من تحول الماء فنحصل على برودة اعظم . فاذا استعملنا الحامض الكبريتوس الذي يغلي عند ١٤٠ ف يكون لنا برودة كافٍ ان يجمد الزئبق . وطريقة ذلك ان يلف بلبوس الترمومتر بقطن مشع من حامض كبريتوس ثم يوضع تحت القابلة ويفرغ الهواء

ومنها أنهم يمزجون جوامد بجوامد أو جوامد بسوائل لها شراهة بعضها لبعض واذ يصير المزيج بالاتحاد إلى سائل يمتص

جانبا كبيرا من الحرارة الظاهرة في المزيج وفي السوائل المحيطة به كما اشرنا (رقم ٥٧٨) ويبردها. فقد يكون مزيج مثل هذا كافيا بتحريكه ان يجيد سائلا مجاورا.

من هذا القليل اصطناع البوزه وهي اكلة لذينة. وكيفية ذلك ان يوضع مزيج من ملح وثلج في وعاء اسطواناني ضيقة وعاء اخر فيه حليب يمزج بسكر وماء زهر او خلافة ويدار الوعاء الداخل لتحريك المزيج فبعد وقت قصير يتجمد الحليب

وهنا نذكر بعض امزجة التجليد مع ذكر الدرجة التي تصل اليها بامتزاجها

امزجة	اجزاء وزنا	انحطاط حرارة
كبريتات الصودا	٨	من $+٥٠^{\circ}$ ف الى $^{\circ}$
حامض هيدروكلوريك	٥	
ثلج او جليد	٢	كذا الى -٥°
ملح	١	
كبريتات الصودا	٢	من $+٥٠^{\circ}$ الى -٢°
حامض نيتريك مخفف	٢	
كبريتات الصودا	٦	من $+٥٠^{\circ}$ الى -١٤°
نترات الشادر	٥	
حامض نيتريك	٤	
ثلج او جليد	٢	من $+٢٠^{\circ}$ الى -١٤°
كلوريد الكالسيوم	٤	

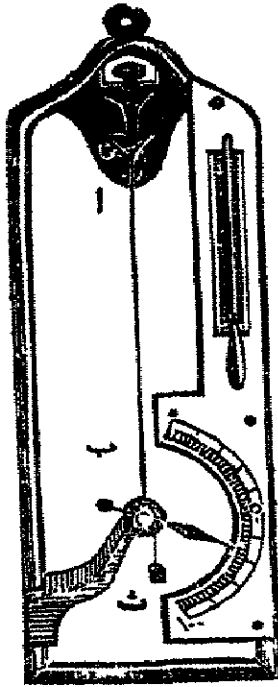
فقد حولوا بهاتين الطريقتين او ما يشبههما كل السوائل الا الكحول الى جوامد. وبالحجارة حولوا كثيرا من الجوامد الى سوائل وبعضها الى سوائل ثم

الى بخار. ومنيج من معدنين او معادن يتحول الى سائل عند درجة من الحرارة ادنى من التي يتحول عندها احد مفردات المنيج . مثاله منيج مؤلف من ٨ اجزاء من بزموت و ٥ من رصاص و ٣ من قصدير يذوب بجملة درجاتها ادنى من درجة غليان الماء مع انه لا يذوب احد هذه المعادن بجملة تحت ٤٢٠° ف

٥٦٨ البخار في الهواء. ان البخار حالما يتكون يتكيف بكيفية غاز ويمتزج مع الهواء فلا يمتصه الهواء امتصاص الاسفنج للماء . ودليل ذلك انه اذا ادخل اثير او ماء الى فراغ انبوبة بارومتر يتحول سريعاً بعض السائل الى بخار وبقوة مرونته يهبط عمود الزئبق . فالبخار اذا يقوم بنفسه كهواء الجلد . ورطوبة الهواء هي بحسب كمية البخار الممزوجة به فان كان البخار فيه كثيراً كانت رطوبته كثيرة . وبما انه مهم ان تُعرف كمية رطوبة الهواء لاجل ملاحظة الصحة او لغاية أخرى قد اخترعوا آلات لاجل معرفة درجة الرطوبة نذكر بعضها . ويقال لآلة من هذا الجنس هيغرومتر

٥٦٩ الهيغرومتر الشعري. هذا الشكل هو صورة الهيغرومتر الشعري . فان اب شعرة معلقة عند اوطرفها الاسفل ملفوف على محور عقرب عند ب ومربوط به ثقل صغير ث . فاذا زادت رطوبة الهواء تمص الشعرة كثيراً منها فتطول واذا قلت الرطوبة نقل فيها الكمية المخصصة فتقصرو عند ما تطول او تقصر يدبر الثقل الصغير العقرب الى فوق او الى تحت امام دائرة مقسومة

شكل ٢١٩



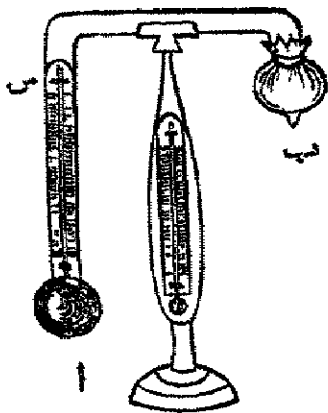
الى درجات فيشير العقرب الى درجة الرطوبة المرقومة على الدائرة . ولأجل تعيين الصفر عليها يقتضي الامر وضع الهيجرومتر اولاً في هواء جاف . ولأجل معرفة درجة الرطوبة العظمى يقتضي وضعه في هواء مشبع من الرطوبة

٥٧٠ درجة الندى . هي درجة الحرارة

التي يقتضي الحال ان تهبط حرارة جسم اليها مقيسة على زيتق الثرمومتر ليتساقط بخار الهواء ماء على ذلك الجسم ويحصل عليه ندى . وكلما زادت رطوبة الهواء

قل انحطاط الزيتق الى درجة الندى وبالعكس . ولذلك تقاس رطوبة الهواء على مقدار درجات انحطاط الزيتق الى درجة الندى وعلى ذلك قد اخترع هيجرومتر دانيال الذي به تعرف درجة الندى وكمية رطوبة الهواء

شكل ٢٢٠



٥٧٢ هيجرومتر دانيال . هو آلة معتبرة

لمعرفة درجة الندى . وهو مؤلف من انبوبة ملتوية اس ب (شكل ٢٢٠) عند طرفيه بلبوسان اوب واللبوس ب ملفوف ومربوط عليه قطعة قماش مظلل رقيق . واللبوس ا هو من زجاج اسود فيه ايثير نحو نصفه وفيه ايضاً ثرمومتر دقيق بلبوسة مغموسة في الايثير لأجل معرفة درجة

الحرارة داخل الانبوبة . وصانع هذه الآلة يدبر اصطناعها حتى تكون انبوتها
سب فارغة من الهواء وحامية بخار الاثير فقط . وعلى العمود الحامل الانبوبة
ثرمو متر آخر كما ترى فان بُلّل القماش على البلبوس ب بقليل من الاثير
يبرد القماش واللبوس سريعاً يتحول الاثير الخارج الى بخار لما مر في تكاثف
حيث البخار داخل ثم يتصاعد كمية اخرى جديدة من التبلل مكانه وهلم جرا .
فما رام الاثير يتحول في البخار تهبط درجة حرارته . فيعد برهة ياخذ الندي
من يسقط على خارج الزجاج الاسود . وعند بداية حدوثه تلاحظ درجة
الحرارة في الثرمومتر الداخل فتلك درجة الندي . ومن الملاحظة يظهر انه
اذا كانت رطوبة الهواء قليلة تنحط درجة الندي كثيراً عن درجة حرارة
الثرمو متر الخارج وبالعكس . فمن مقدار انحطاطها تعرف كمية الرطوبة في
الهواء

٥٧٢ التبلور . اذا تحولت الاجسام بطيئاً من السائلة الى
الجمود فعوض ان تخلط دقائقها بدون انتظام تميل ان تجمع الى
كتل ذات هيئات منتظمة وهذه الكتل يقال لها بلورات .
وهيئاتها منتظمة هندسية تحدّها سطوح مستوية ولها زوايا معلومة
ثابتة . وهذه الهيئات مختلفة الاجناس العديدة كالاشكال القياسية
والمنشورات والمعينات وغير ذلك وكل جنس من انواع مختلفة
فلا محل للاشارة الى هيئاتها . واجمل البلورات ترى بين المواد
المعدنية الطبيعية المولدة بالهادي تحت الارض بالقوى الطبيعية
الفاعلة فيها مدة مستطيلة . فبلورات الثلج المعروفة عند العامة

بالذروان وبلورات السكر والشب وملح الطعام وما يشبهها هي من
انواع البلورات

الاجسام تبلور صناعيا بطريقتين . الطريقة الاولى بتذويبها ثم تركها
لتبرد تدريجاً . فاذا ذُوب كبريت في اناء ثم ترك ليبرد تدريجاً ياخذ ان
يتبلور على وجهه وان كسرنا الغشاء المتبلور وصبنا السائل الكبريتي داخلها
الى خارج نحصل على بلورات كبريتية جميلة

الطريقة الثانية ان يذوب الجسم الذي يراد تبلوره ثم يحول المذوب الى
بخار تدريجاً . فيتجمع الجسم المذوب حينئذ على قعر الوعاء وجوانبه على هيئة
بلورات وعلى هذا الاسلوب يبلور السكر واملاح مختلفة

٥٨٦ مصادر الحرارة . اخص مصادر الحرارة هي الشمس
والكهربائية والتركيب الكيماوي والاشتعال والانضغاط والتطريق
والفرك

فالشمس هي المصدر الاعظم للحرارة . ولا نعلم المسبب الاصلي للحرارة في
شعاع الشمس . وقد حسب مبلغ الحرارة الذي توصله الشمس للارض سنوياً
فوجد كافياً لتذويب مقدار من الجليد يكسو كل الكرة الارضية سمكه نحو
٤٠ ذراعاً مع ان الارض بداعي بعدها الجسم عن الشمس وصغر حجمها بالنسبة
اليها لا تنال سوى جانب صغير من الحرارة التي تشعها الشمس في كل الجهات
اما كون الكهربائية مصدراً للحرارة فقد مرّ في باب الكهرباء . فقد
قيل (رقم ٢٦٥ و ٢٦٦) ان الجري الكهربائي يجي المعادن وان كان وافراً
يذوب اصلها واثقلها ويحرق المواد المشتعلة فراجعة
اما التركيب الكيماوي فيكون غالباً مصحوباً بحرارة . فان تركبت عناصر

تركيبا بطيئا فالحرارة لا يشعر بها وان تركبت سريعا ينتج حرارة كثيفة احيانا مصحوبة بنور

اما الاشتعال فهو حل المواد المشتعلة الى عناصرها المركبة منها تركيبا كيمياويا بجملة قوية كحرارة النار وتركيبها مع اوكسجين الهواء. واخص عناصر المواد المشتعلة كالخشب والزيوت هي الكربون والهيدروجين. فالنتاج من التحليل والتركيب حامض كربونيك ممزوج من بخار مائي وغازات اخرى متطابقة تظهر بصورة الدخان والهب. وهذا الحل والتركيب الكيماويين يصدر عنها حرارة قوية مصحوبة بنور لزيادة تواج المادة الاثيرية. فيكون الاشتعال مصدرا للحرارة من جنس التركيب الكيماوي

والتنفس في الحيوان هو اشتعال بطيء فيه يتحد الكربون ومواد اخرى في الدم مع اوكسجين الهواء وهذا النوع من الاشتعال يهيج حرارة جسد الانسان وسائر الحيوان. وهذه الحرارة يقال لها الحرارة الحيوانية

اما الانضغاط فقد اشرنا اليه (رقم ٥٧٩) وقد قلنا هناك انه اذا صغر حجم الجسم بالانضغاط تظهر منه حرارة خفية. وهذا الحكم جاري في الاجسام مطلقا سواء كانت جامدة ام سائلة ام غازية وعلى ذلك تظهر حرارة من الاجسام عند كبسها في المكابس كالورق في المطابع وحش الزيتون في معاصر الزيت والهواء المضغوط في بعض الآلات وهلم جرا

اما التطريق والفرك فهما مصدران للحرارة ايضا وارجعها الى الانضغاط. وذلك لانه بتطريق جسم والفرك عليه ينضغط كله او بعضه وينضغط الهواء المجاور له فتظهر حرارة بقدر قوة التطريق او الفرك. فاذا طرقت قطعة رصاص او فولاذ مثالا تظهر فيها حرارة قوية حتى لا يمكن لمسها وان زادت قوة التطريق وكثر بسرعة فقد تصل الى درجة الاحمرار بالحرارة. وفرك زنناد يقدح على صوانة علة لظهور الحرارة والشرار. وبعض قبائل البادية

يشعلون ناراً بفرك عودٍ على آخر. وفرك قطعتين من ثلج احدهما على الأخرى سبب كافٍ لتدويهما. ولعل بالتطرق والفرك آلة أخرى غير الانضغاط تسبب صدور الحرارة وهي اهتزاز الأثير بقوة اهتزاز جسيمين صليين كالزناد من الفولاذ والصوان. وهذا الظن يجري على القول الثاني من قولي النور كما علمت

تنبيه. قد التزمنا في بعض ابواب هذا الكتاب الماضية الى ذكر بعض اصول الحرارة كظهورها في الاجسام المنضغطة عند الكلام على الانضغاط وتمدد الاجسام بها عند ايضاح الرقاص المخترع لكي يبقى على طول واحد بالبرد والحرارة لاجل ضبط الوقت وعند الكلام على حركة الرياح بالحرارة والبرد وغير ذلك فلا حاجة الى مراجعتها فمن قرأ الابواب الماضية يتذكرها عند قراءة هذا الباب

الفصل الرابع

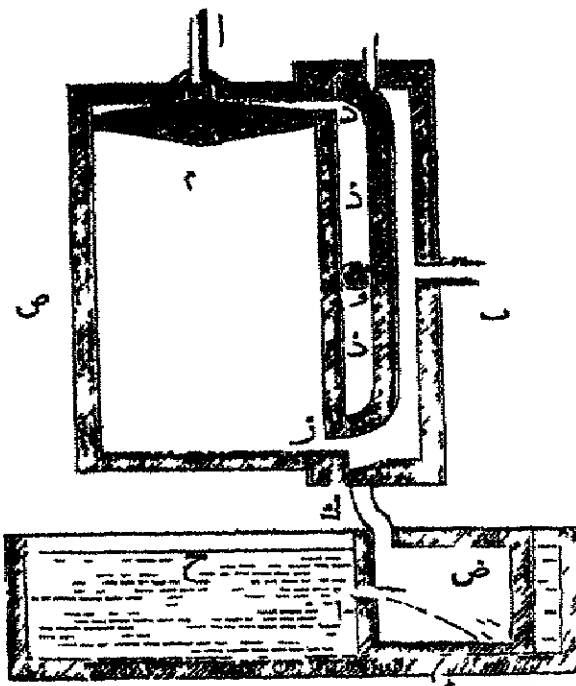
في الآلة البخارية

٥٨٧ انه من انفع اثار بحث العلماء الطبيعيين في الحرارة اختراع الآلة البخارية التي تتحرك بالبخار فتحرك آلات مختلفة في المعامل وغيرها. وهي تصنع على هيئات مختلفة جميعها تجري على مبدأ واحد وهو ان البخار الكثير المرونة اذا أدخل الى أعلى اسطوانة محصورة فيها مدك محكم وتفرغ ما تحت المدك من البخار والهواء يدفع البخار المدك الى أسفل واذا أدخل الى أسفل كذلك يدفعه

الى اعلى . فاذا عمل تدبير حتى يخرج بخار خلقينه ماء تحتها نار
قوية في حية لا منفذ له الا منها توصله تارة الى اعلى الاسطوانة
المذكورة اذ يتفرغ ما تحت المدك واخرى الى اسفل اذ يتفرغ البخار
الاعلى وهكذا على التوالي نحصل على حركة ميكانيكية في الآلة
التي تخنوي الخلقينه والاسطوانة كما سيأتي . وسنكني بايضاح نوع
واحد منها منه تتضح بقية انواعها اذ كانت جميعها على مبدأ واحد
كما مر . وقبلها نوضح الآلة البخارية بالاجمال نوضح كيفية دخول
البخار الى اعلى واسفل اسطوانتها على التوالي وتحرّيك مد كما به

٥٨٨ اسطوانة الآلة البخارية . قد قيل (رقم ٥٧٧) ان البخار اذا

شکل ۲۳۱



تكوّن في وعاء محصور فكما ازدادت الحرارة تزداد قوة مرونته بمعدل اعظم من معدل ازديادها. فاذا دام اشتعال النار تحت خلقيّة واصل بخارها بانبوبة الى اسفل واعلى اسطوانة الآلة على الاسلوب الاتي يتحرك مدكها فيحرك دولابها ودولابها يحرّكها واذا اتصل بهاشي تحركه. وهذا الشكل يوضح لنا ذلك لتكن ص

(شكل ٢٢١) اسطوانة آلة البخار وم
مدك واقضيب المدكير في ثقب في اعلى
الاسطوانة مروراً محكماً بحجز البخار عن

الخروج عن جوانب ووض الضاغطين يبقى بارداً بماء المحوض وسي بذلك لضغطه